

**COMPORTAMIENTO DEL LACTATO SANGUÍNEO Y OTRAS VARIABLES
EN DEPORTISTAS DE NATACIÓN CON MONOALETA DE LA SELECCIÓN
VALLE DURANTE EL PERIODO DE ENTRENAMIENTO DEL AÑO 2013**

JOSÉ ÁLVARO HERRERA JIMÉNEZ MD

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
GRUPO NUTRICIÓN UNIVALLE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS
SANTIAGO DE CALI**

2015

**COMPORTAMIENTO DEL LACTATO SANGUÍNEO Y OTRAS VARIABLES EN
DEPORTISTAS DE NATACIÓN CON MONOALETA DE LA SELECCIÓN
VALLE DURANTE EL PERIODO DE ENTRENAMIENTO DEL AÑO 2013**

JOSÉ ÁLVARO HERRERA JIMÉNEZ MD

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
MAGISTER EN CIENCIAS BIOMÉDICAS**

**DIRECTOR:
BLANCA C. SALAZAR MD., MSc**

**ASESORES ACADÉMICOS:
YOSETH ARIZA MD., MSc.
Epidemiología**

**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE SALUD
ESCUELA DE CIENCIAS BÁSICAS
GRUPO NUTRICIÓN UNIVALLE
MAESTRÍA EN CIENCIAS BIOMÉDICAS – 7670
SANTIAGO DE CALI
2015**

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Post-Grado, en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad del Valle para optar al título de Magister en Ciencias Biomédicas.

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Santiago de Cali, Junio de 2015

A mis padres por su amor, paciencia y sabiduría; por enseñarme a ser persona.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa sus agradecimientos a:

- Indervalle (Instituto departamental de recreación y deporte del Valle del Cauca) y a la IU-Escuela Nacional del Deporte, por facilitar la realización de la presente investigación.
- La convocatoria interna de la Universidad del Valle.
- El Grupo Nutrición de la Universidad del Valle
- La profesora y tutora Blanca C. Salazar C. MD. MSc., y a el asesor MD. y epidemiólogo Yoseth Ariza MD. MSc.
- El entrenador Fabio Delgado D., por su entrega y disciplina con el entrenamiento de los deportistas que participaron en el estudio.
- A la nutricionista Alba Piñeros por su colaboración incondicional.
- Los compañeros y amigos de trabajo de las unidades de trabajo.
- Todos los compañeros del Departamento de Ciencias Fisiológicas de la Universidad del Valle.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	22
1. INTRODUCCIÓN	28
2. HIPÓTESIS.....	31
3. OBJETIVOS.....	32
3.1. OBJETIVO GENERAL	32
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	32
4. MARCO TEÓRICO.....	33
4.1. VÍAS METABÓLICAS Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA EN EL MÚSCULO.....	33
4.2. LACTATO	38
4.2.1. Metabolismo del lactato en alto rendimiento.....	40
4.2.2. Cinética del lactato: Producción y remoción.	42
4.2.3. Tipo de fibra muscular y su relación con el proceso remoción-oxidación de lactato	44
4.3. CONSUMO DE OXÍGENO EN ALTO RENDIMIENTO, $VO_{2MÁX}$	45
4.3.1. Criterios para la determinación del $VO_{2MÁX}$	49
4.3.2. $VO_{2MÁX}$ en entrenamientos continuos versus intermitentes	50
4.3.3. $VO_{2MÁX}$. en entrenamientos agudos y en endurance.....	51
4.3.4. ¿En qué condiciones se mejora el $VO_{2MÁX}$?.....	52

4.4. PROTOCOLO DE LOS TESTS DE LACTATO.....	52
4.4.1. Duración de los tests.....	54
4.4.2. Tipo de test	54
4.4.3. Distancia de los tests	54
4.4.4. Número de repeticiones en cada test	55
4.4.5. Pausas entre las repeticiones.....	55
4.4.6. Número de mediciones de lactato	57
4.4.7. Intensidad de ejecución de cada test.....	57
4.4.8. Cálculo de la intensidad de la velocidad de natación con monoaleta	58
4.4.9. Conceptos de áreas funcionales	59
4.4.10. Interpretación y utilidad de la Áreas Funcionales, con medición de lactato ..	62
4.5. EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA.....	65
4.5.1. Recomendaciones previas a la evaluación antropométrica	66
4.5.2. Equipos de medición antropométrica.....	66
4.5.3. Descripción detallada de la mediciones realizadas.....	67
4.5.4. Masa de tejido adiposo.....	68
4.5.5. Masa de tejido muscular.....	70
4.5.6. Somatotipo	72
4.5.7. Predicción del Somatotipo	73

4.5.8. Representación gráfica del Somatotipo o somarocarta	74
5. METODOLOGÍA	76
5.1. TIPO DE ESTUDIO	76
5.2. POBLACIÓN	76
5.3. CRITERIOS DE SELECCIÓN	76
5.3.1. Criterios de inclusión	77
5.3.2. Criterios de exclusión	77
5.4. DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	79
5.5. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	81
5.6. PROCEDIMIENTOS –ENTRENAMIENTOS.....	86
5.6.1. Entrenamientos en agua	87
5.6.2. Entrenamientos en tierra	89
5.6.3. Lugar de las evaluaciones	90
5.6.4. El ensamblaje de las cohortes.....	90
5.7. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	92
5.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	92
5.8.1. Fuentes de sesgos y estrategias adoptadas para su prevención: de selección	93
5.8.2. Fuentes de sesgo por el tamaño de la muestra	93

5.8.3. Fuentes de sesgo por exposición	94
5.8.3.1. Asistencia a entrenamientos.....	94
5.8.4. Fuentes de sesgo por la toma de lactato.....	94
5.8.4.1. Recomendaciones pre-test.....	94
5.8.4.2. Recomendaciones durante el test	94
5.8.4.3. Fuentes de sesgo por el registro de los tiempos y concentración de lactato	95
5.8.5. Fuentes de sesgo por la medición del consumo máximo de oxígeno (VO ₂ MÁx)	95
5.8.6. Fuentes de sesgo por la realización de las medidas antropométricas	96
5.8.7. Fuentes de sesgo de seguimiento.....	96
5.9. NORMATIVIDAD ÉTICA	97
6. PROCEDIMIENTOS.....	98
6.1. PROTOCOLOS DE LA TOMA DE LACTATO EN TESTS DE 100 Y 200M ..	98
6.1.1. Preparación y recomendaciones previas a la realización del test	98
6.1.2. Recomendaciones el día del test.....	99
6.1.3. Calentamiento	99
6.2. TÉCNICA DE TOMA DE LACTATO	101
6.2.1. Metodología específica para la muestra de lactato en piscina	103

6.2.2. Terminación del test de lactato – retorno a la calma.....	103
6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	104
7. RESULTADOS	106
7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CONCENTRACIONES DE LACTATO ...	106
7.1.1 Comparación del lactato inicial y de las pendientes para 100m.	108
7.1.3 Comparación del lactato inicial y de las pendientes para el test de 200m..	114
7.1.4 Comparación de la mediana de los deltas del lactato inicial y de los deltas de las pendientes para el test de 200m.	121
7.2 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXIGENO ($VO_{2MÁX.}$)	123
7.2.1 Protocolo de la ergo-espirometría.	123
7.2.3 Análisis descriptivo del Consumo Máximo de Oxígeno ($VO_{2máx}$).....	125
7.2.4 Comparación de la mediana de los deltas del $VO_{2máx}$ relativo	127
7..3 RESULTADOS DE LA ANTROPOMETRÍA	130
8. DISCUSIÓN.....	133
9. CONCLUSIONES	141
10. SUGERENCIAS Y/O RECOMENDACIONES	143
BIBLIOGRAFIA.....	144
ANEXOS	153

LISTA DE GRÁFICAS

Pág.

Gráfica 1. Curso temporal de la producción de energía de las diferentes vías metabólicas	44
Gráfica 2. Comportamiento del lactato en los dos sexos durante el mes de Marzo del 2013. F: sexo femenino, M: sexo masculino.....	106
Gráfica 3.	
Gráfica 4. Comparación del comportamiento del lactato para el sexo masculino en el periodo 1 con la prueba de 100m.	108
Gráfica 5.....	110
Gráfica 6.	
Gráfica 7. Rangos inter-cuartilicos del Delta	113
Gráfica 8. Comparativo del comportamiento del lactato en el periodo 1, en test de 200m.	114
Gráfica 9.	
Gráfica 10. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 200m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.....	119
Gráfica 11. Comparación de la Lac(Me) y de la pendiente (Me) en el test de 200m en el periodo 2.	120
Gráfica 12. Comparación de los deltas del Lac(Me) y de la Pendiente (Me) en el test de 200m	122
Gráfica 13. Deltas del $VO_{2\text{máx}}$ en ambos periodos y sexos.	128

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Transducción bioquímica del efecto del potencial de acción en la contracción y la Glucogenolisis.....	44
Figura 2. Ciclo de producción del lactato.	44
Figura 3. Descripción bioquímica del movimiento del lactato Intra y extracelular. .	44
Figura 4. Regulación de la producción de ácido láctico.	44
Figura 5.	
Figura 6. Metabolismo de la glucosa dependiendo de la intensidad del ejercicio. .	44
Figura 7.	
Figura 8. Áreas funcionales para entrenamiento de acuerdo a la concentración de lactato.	60
Figura 9.	
Figura 10.	
Figura 11. Esquema de conformación de las cohortes.	83
Figura 12. Flujograma de actividades realizadas durante todo el macrociclo del año 2013.	86
Figura 14. Ejemplo del Plan de trabajo en agua.	89
Figura 15. Planificación semanal del trabajo realizado en tierra y agua.....	89

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 100m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.....	109
Tabla 2. Comparación delta de Lac(Me) y el delta de la mediana de las pendientes con el test de 100 m estratificados por sexos en los períodos 1 y 2.Delta _[Lac] (Me): mediana del Delta del lactato inicial; Delta _{pendiente} (Me): mediana del delta de las pendientes.	112
Tabla 3. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 200m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.....	117
Tabla 4. Comparación del delta de Lac(Me) y el delta de la mediana de las pendientes con el test de 200m estratificados por sexos en los períodos 1 y 2 ..	121
Tabla 5. Consumo máximo de oxígeno. Marzo de 2013	125
Tabla 6. Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno (VO _{2máx}) relativo por sexo en cada periodo.	126
Tabla 7. Comparación de la mediana del delta del VO _{2máx.} relativo por periodos y sexos.	127
Tabla 8. Antropometría comparativa: Febrero-Julio, Julio-Noviembre, y Febrero-Noviembre para el sexo femenino, (p<0,05)	130

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato de Historia Clínica para los deportistas de natación en el año 2013	154
Anexo 2. Lista de asistencia a los entrenamientos	157
Anexo 3. Recomendaciones Nutricionales	158
Anexo 4. Consentimiento o asentimiento informado	163
Anexo 5. Antecedentes (deportivos, médicos, personales y familiares, nutricionales, de hábitos y estilos de vida)	168
Anexo 6. Evaluación por nutricionista	175
Anexo 7. Evaluación Antropométrica	178
Anexo 8. Formato del test de consumo de oxígeno máximo	179
Anexo 9. Formato del test de lactato para 100 m.	180
Anexo 10. Formato del test de lactato para 200 m.	182

GLOSARIO

Alto rendimiento deportivo: se deriva de la palabra *paformer*, adoptada del inglés y que significa cumplir, ejecutar. A su vez, este término viene de *performance*, que en francés antiguo significaba cumplimiento. De esta manera, podemos definir el rendimiento deportivo como una acción motriz, cuyas reglas fija la institución deportiva, que permite a los sujetos expresar sus potencialidades físicas y mentales. (Instituto Europeo Campus Stellae, Apuntes de cátedra, 2012). Por su parte Martin lo define como "el resultado de una actividad deportiva que, especialmente dentro de la competición, cristaliza en una magnitud otorgada a dicha actividad motriz según reglas previamente establecidas" (Martin, 2001:26).

Antropometría (1): la antropometría es una técnica incruenta y poco costosa, portátil y aplicable en todo el mundo para evaluar el tamaño, las proporciones y la composición del cuerpo humano. Refleja el estado nutricional y de salud y permite predecir el rendimiento, la salud y la supervivencia.

Capacidad aeróbica: la capacidad aeróbica es una función ($VO_{2máx}$), la cual representa la capacidad máxima del organismo para utilizar el oxígeno en la sangre (máximo transporte de oxígeno que nuestro organismo puede transportar en un minuto).

Control biomédico del entrenamiento (2-4): es la forma, método o procedimiento mediante examen físico, controles biomédicos de laboratorios y de terreno, que permitan diagnosticar el estado morfo- funcional del atleta, valorar la aplicación de las cargas y conocer cómo responde a las mismas, para ofrecer informaciones y recomendaciones a todos aquellos que influyen en el proceso del entrenamiento,

con la finalidad de prevenir lesiones en los deportistas por sobrecarga de entrenamiento.

Consumo máximo de oxígeno: se refiere a la diferencia entre la concentración arterial y venosa de oxígeno en los tejidos multiplicada por el gasto cardíaco, es decir es un evento que sucede en los tejidos (5).

Deportes de prestación cíclica: todo aquel deporte que se caracteriza por basar su práctica en el uso de un modelo de movimiento muy sencillo llamado ciclo, el cual acaba en la misma posición donde empezó para facilitar así su encadenamiento sucesivo (movimiento cíclico).

Ectomórfico (6): se refiere al tercer componente del somatotipo. Presenta un predominio de formas lineales y frágiles, así como una mayor superficie en relación con la masa corporal. Los tejidos que predominan son los derivados de la capa ectodérmica. Corresponden a los tipos longilíneos y asténicos, y poseen un alto índice ponderal (relación entre estatura y raíz cúbica del peso).

Ejercicio intermitente: aquel que por lo elevado de su intensidad no puede sostenerse continuamente y se aplica con intervalos de recuperación incompleta.

Endomórfico (6): es el primer componente del somatotipo. El término proviene del endodermo, que en el embrión origina el tubo digestivo y sus sistemas auxiliares (masa visceral). Indica predominio del sistema vegetativo y tendencia a la obesidad. Los endomorfos se caracterizan por un bajo peso específico, razón por la cual flotan fácilmente en el agua. Su masa es flácida y sus formas redondeadas.

Fosforilación oxidativa (7): es un proceso metabólico que utiliza energía liberada por la oxidación de nutrientes para producir adenosina trifosfato (ATP). Se le llama así para distinguirla de otras rutas que producen ATP con menor rendimiento,

llamadas "a nivel de sustrato". Se calcula que hasta el 90% de la energía celular en forma de ATP es producida de esta forma.

Glucógeno (7): forma de almacenamiento de los carbohidratos en el organismo; almacenado en el músculo esquelético y en el hígado; la depleción de este sustrato como resultado de un ejercicio de elevada intensidad y prolongado (generalmente mayor de dos horas) está asociado con la aparición de la fatiga.

Glucogenolisis: degradación del glucógeno para suministrar glucosa para la glucólisis; el proceso ayuda a mantener los niveles de glucosa durante el ejercicio prolongado

Glucolisis: vía de energía responsable del catabolismo inicial de la glucosa o glucógeno; producción neta de dos o tres ATP, respectivamente; tiene lugar en el citoplasma de la célula; puede operar sin la presencia de oxígeno; produce ácido pirúvico (glucolisis aeróbica) o ácido láctico (glucolisis anaeróbica); fuente principal de energía para esfuerzos máximos de 30s a 2m.

Homeostasis (8): el mantenimiento de condiciones fisiológicas internas relativamente estables bajo condiciones fluctuantes ambientales; cuando el estrés del ejercicio causa cambios en el entorno interno, las respuestas fisiológicas subsiguientes intentan restablecer el equilibrio dentro del entorno interno.

Lactato: forma reducida de piruvato; durante ejercicios intensivos de corta duración (menos de 2 minutos) aumenta notablemente su producción por intervención de la glucolisis

Intensidad: aspecto cualitativo de la carga de entrenamiento

Macro ciclo: describe un ciclo de entrenamiento largo que incluye una fase competitiva, usualmente de tres a doce meses de duración.

Microciclo: unidades estructurales de tres a siete días en las que se alternan sesiones de desarrollo con recuperación para el desarrollo de unos objetivos limitados de la preparación del deportista.

Mesociclo: constituyen la estructura media del proceso de entrenamiento y su duración varía de tres a seis semanas. La duración depende fundamentalmente de los objetivos que se pretendan y del momento en que se aplique dentro del ciclo de preparación. Un Mesociclo de cuatro a seis semanas es habitual en el periodo preparatorio de un macrociclo convencional, mientras que en un macrociclo raramente superan las cuatro semanas debido al uso de cargas concentradas de entrenamiento que obligan a iniciar la descarga más pronto.

Mesomorfo (6): caracteriza el segundo componente del somatotipo. Se refiere al predominio en la economía orgánica de los tejidos que derivan de la capa mesodérmica embrionaria: huesos, músculos y tejido conjuntivo. Por presentar mayor masa muscular esquelética, poseen un peso específico mayor que los endomorfos.

Metabolismo (8): cambios químicos que utilizan energía y producen formación de tejidos y componentes (anabolismo) o degradan sustratos y liberan energía (catabolismo).

Natación con monoaleta (12): es una disciplina de las Actividades Subacuáticas originada en el oriente de Europa, durante los años 1960. La natación con aletas es el desplazamiento sobre la superficie del agua o totalmente sumergido usando como ayuda una monoaleta o un par de bialetas. En la natación con aletas se compite en piscina y aguas abiertas. En la natación con aletas se alcanzan velocidades hasta un 50% más alta que en la natación convencional, pertenece a los World Games.

Periodo: subdivisión temporal del macrociclo convencional.

Periodización: organización de las cargas de entrenamiento mediante una ordenación sistematizada de las unidades de planificación.

Potencia aeróbica: valor de consumo de oxígeno alcanzado en el punto de máximo esfuerzo en un test incremental. Máxima cantidad de oxígeno que un atleta puede usar en un minuto por kilogramo de peso corporal (Segen, 2006), expresado en conjunción con la velocidad en kilómetros o en millas por hora o la potencia en vatios; da una idea del valor global de la resistencia del individuo, como capacidad física. Es la captación más alta de oxígeno que un individuo puede alcanzar durante ejercicio dinámico, usando grandes grupos musculares durante algunos minutos, bajo condiciones normales a nivel del mar (Ekblom, 1986)

Shuttle de lactato: esta hipótesis sostiene que el lactato formado en lugares donde el glucógeno y la glucosa son utilizados en grandes proporciones, puede ser utilizado como combustible o bien servir como fuente para la gluconeogénesis o como resíntesis de glucógeno en otros tejidos de donde se produce.

Somatotipo (6, 9, 10): cuantificación de la forma y la composición del cuerpo humano. Se expresa en una calificación de tres números que representa componentes endomorfia, mesomorfia y ectomorfia respectivamente, siempre en el mismo orden. El somatotipo hace referencia de una forma fotográfica al perfil del deportista respecto a tres componentes (ISAK, 2001; Ros, 1991 la endomorfia, la mesomorfia y la ectomorfia. Su utilidad radica en la representación gráfica en la somatocarta, donde se pueden comparar diferentes mediciones del mismo deportista, o diferentes grupos (por ejemplo profesionales y aficionados) y ver su evolución (Cejuela, 2009)

Temporada (4,11): plan de entrenamiento anual debe integrar todos los aspectos de la preparación; incluyendo los conocimientos sobre el diseño de los mesociclos, microciclos y las sesiones, así como los sistemas propios del diseño de una temporada.

Volumen (4): es la medida cuantitativa de las cargas de entrenamiento de diferente orientación funcional que se desarrollan en una unidad o ciclo de entrenamiento. Puede ser global cuando se cuantifica el volumen de todas las cargas de diferente orientación funcional o parcial, si el volumen de la carga se refiere a un determinado tipo de entrenamiento con una orientación funcional determinada.

World Games o Juegos Mundiales: son eventos multideportes que incluyen modalidades deportivas que no están incluidas en los Juegos Olímpicos, más se realizan cada 4 años. El último se celebró en Cali, Colombia en Julio 2013.

1. INTRODUCCIÓN

El lactato y el consumo máximo de oxígeno han sido marcadores de rendimiento muy utilizados en el entrenamiento de deportistas de alto rendimiento deportivo. Como es conocido el lactato es un componente de la vía glucolítica anaeróbica mientras el Consumo de oxígeno es un parámetro de la vía aeróbica.

La natación con monoaleta es un deporte de reciente auge, casi desconocido a nivel mundial, del cual no hay muchas publicaciones. En los últimos 30 años se vienen realizando competencias nacionales y mundiales, pero para participar en los juegos olímpicos la Confederación Mundial de Actividades Subacuáticas (CMAS) ha venido realizando esfuerzos. Rusia, China y España han sido campeones en la mayoría de los torneos mundiales pero los deportistas de nuestro país, la Selección Colombia (cuyos integrantes pertenece a la Selección Valle en su mayoría), han tenido resultados muy importantes en campeonatos mundiales de los últimos años (primeros puestos en pruebas de 50m y 2º y 3º en 100 y 200m) y en competencias Panamericanas han sido campeones en varias oportunidades. Estos resultados se han obtenido con gran esfuerzo y dificultades técnicas, pues los entrenadores siguen esquemas de entrenamiento que evalúan mediante los resultados obtenidos con un cronometro o por el conocimiento adquirido a partir de experiencias previas.

Es necesario hacer un seguimiento del entrenamiento más científico que permita generar un nivel de conocimiento en el equipo trans-disciplinario, y que con el tiempo se traduzca en mayores logros deportivos. En el entrenamiento es muy importante el seguimiento de las variables fisiológicas y bioquímicas relacionadas con las adaptaciones que se van produciendo en los deportistas, específicamente, las cardiopulmonares, metabólicas y antropométricas entre otras. La información respecto a estos procesos adaptativos es de gran relevancia en la predicción del rendimiento a nivel competitivo. Por otro lado el seguimiento científico de estas

variables, permite además, la investigación de su evolución en el tiempo y la posibilidad de ir conformando patrones de referencia, lo cual es de vital importancia en la evaluación del entrenamiento de cualquier deporte.

En natación con monoaleta el objetivo principal es mejorar la velocidad dentro del agua con la ayuda de una monoaleta, por lo tanto, el entrenador planea su trabajo en el macrociclo para lograr intensidades de trabajo cada vez más altas (mismas distancias en el menor tiempo posible), para lograr esto, hay múltiples metodologías a seguir, sin embargo, de acuerdo a las últimas tendencias, una de las que con frecuencia ha venido trayendo buenos resultados, es la metodología en la que el entrenamiento incluye actividad aeróbica y anaeróbica. El principio básico en este caso es que el metabolismo aeróbico y anaeróbico siempre estará presente en la fisiología del deportista, así predomine un tipo de metabolismo como fuente energética a nivel muscular. Por otro lado estas vías metabólicas (anaeróbicas y aeróbicas) se relacionan entre sí a través de la regulación. En este orden de ideas una evaluación más científica de este entrenamiento debería incluir el seguimiento de variables relacionadas con procesos anaeróbicos y aeróbicos durante el entrenamiento. El Lactato es un metabolito muy utilizado como marcador del rendimiento anaeróbico en deporte, porque es medible en sangre capilarizada y su comportamiento representa muy cercanamente las condiciones de metabolismo anaeróbico en el músculo, además, porque el comportamiento de este marcador en el tiempo cambia como parte de la adaptación del entrenamiento y esto a su vez es susceptible de medición y seguimiento, ejemplo clásico de esto, es el cambio del umbral láctico con el entrenamiento o el cambio de la densidad de transportadores del lactato en la fibra muscular.

Con respecto al seguimiento del proceso aeróbico con el entrenamiento, el parámetro de referencia de uso común es el consumo máximo de oxígeno, el cual representa la potencialidad del sistema cardiopulmonar y permite evaluar la disponibilidad del oxígeno y la extracción de metabolitos y radicales libres

producidos por el metabolismo aeróbico y anaeróbico muscular, lo cual influye en las velocidades que se desarrollen durante el entrenamiento de estos deportistas, puede medirse y seguir su evolución en el tiempo de entrenamiento tal y como se reporta en la literatura especializada dichos cambios obedecen a las respuestas orgánicas de los entrenamientos a mediano y largo plazo.

En la evaluación del entrenamiento son importantes también como variables de seguimiento, las variables antropométricas, entre las cuales, el porcentaje de masa muscular y el porcentaje de grasa corporal da cuenta de forma indirecta del tipo de entrenamiento realizado.

En este trabajo se evaluaron durante el macrociclo del 2013 las adaptaciones del lactato en la respuesta a diferentes distancias de una población de deportistas de alto rendimiento de natación aletas, para lo cual se aplicó un test que simulaba la actividad aeróbica y anaeróbica del entrenamiento, en el cual se tomaron varias muestras durante la fase aguda (corto plazo) de la respuesta láctica en 100 y 200 metros respectivamente. Con estos valores se pudieron construir en cada mesociclo, regresiones lineales cuya pendiente y valor inicial fueron los parámetros que permitían evaluar la respuesta adaptativa del lactato a corto y a largo plazo respectivamente. Para evaluar las adaptaciones aeróbicas se realizaron mediciones periódicas del consumo máximo de oxígeno. Por último se evaluaron los cambios antropométricos de los deportistas y se analizó el cambio del porcentaje de grasa corporal y muscular. El seguimiento realizado en este trabajo se hizo teniendo en cuenta la cotidianidad real de entrenamiento (en agua y en tierra) y de las competencias en las que participaron los deportistas durante el año 2013.

2. HIPÓTESIS

- La concentración del lactato medido con test intervalado de 100 y 200 metros disminuye durante macrociclo de entrenamiento de deportistas de natación con monoaleta.
- El consumo máximo de oxígeno relativo se incrementa durante macrociclo de entrenamiento
- Un macrociclo de entrenamiento produce cambios en el porcentaje de grasa y en el porcentaje muscular de deportistas de natación con monoaleta.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el comportamiento del lactato, el consumo máximo de oxígeno y variables antropométricas de deportistas de natación con monoaleta de la Selección Valle durante el entrenamiento del año 2013

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

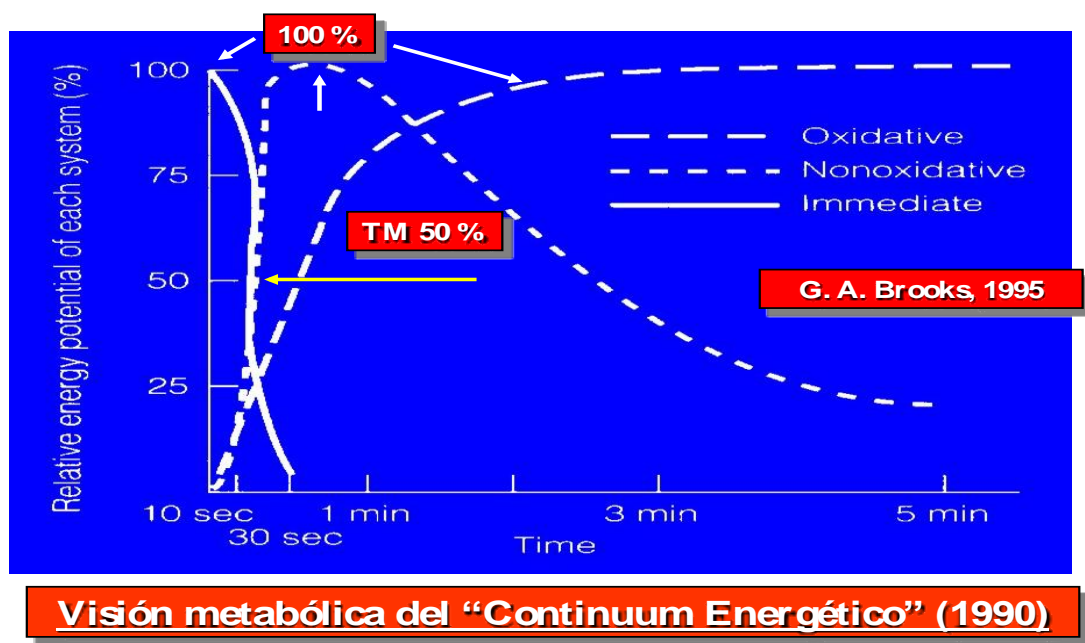
- Evaluar el comportamiento del lactato mediante pruebas de velocidad para 100 y 200 metros de distancia en piscina olímpica.
- Estudiar el comportamiento del consumo máximo de oxígeno medido a través de test directo sobre banda sinfin.
- Evaluar el comportamiento del porcentaje graso, muscular y peso corporal.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Vías metabólicas y producción de energía en el músculo

Teniendo en cuenta los tiempos de ejecución de la natación con monoaleta, se puede entender el rol predominante del componente anaeróbico alactico (inmediato) y el lactacidemico (Glucolítica no oxidativa) como fuentes energéticas (14,15), siendo el lactacidemico el de mayor predominio de acuerdo al tiempo y las cargas de entrenamiento tanto en la preparación general como en la especial. Es conocido que en una carrera de atletismo de 100 metros el ATP almacenado, la fosfocreatina y el glucógeno del músculo son las fuentes energéticas disponibles, el ATP puede caer de 5,2mM a 3,7mM y la fosfocreatina de 9,1 a 2,6mM en los primeros segundos, el lactato podría elevarse de 1,6 a 8,3mM, disminuyendo el pH hasta 7,2 y así completar los 10 a 11 segundos, que es el tiempo record aproximado de esta prueba. En la medida que el tiempo de ejercicio aumenta continuaría a la glucolisis anaeróbica la aeróbica (Gráfica 1).

Gráfica 1. Curso temporal de la producción de energía de las diferentes vías metabólicas



Fuente: Brooks GA, Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research, *Medicine and Science in Exercise and exercise*, 1985, Vol, 17 No. 1, pp 22-31, 1985.

Cada vía metabólica es predominante en un determinado tiempo, sin embargo, es importante tener en cuenta, que aun cuando una vía predomine, por ejemplo la vía anaeróbica, los procesos relacionados con el metabolismo aeróbico (intercambio alveolo-capilar, transporte de oxígeno, intercambio periférico) están presentes contribuyendo con la producción del ATP en el músculo. Adicionalmente se ha reportado que la presión intracelular de oxígeno tienen que ver con la regulación cinética de las vías aeróbicas y anaeróbicas (16).

Teniendo en cuenta este comportamiento de las vías metabólicas, las últimas tendencias en el entrenamiento de alto rendimiento en diferentes deportes (como en la natación con monoaleta), incluyen la actividad aeróbica y anaeróbica (16) para lograr mayor velocidad y potencia. Esto se ha venido aplicando en la planeación del entrenamiento en natación con monoaleta, con el objetivo de mejorar la velocidad dentro del agua. Entre los fundamentos de este entrenamiento mixto (anaeróbico y aeróbico), además de la regulación entre las vías metabólicas a nivel de la célula muscular, es el que en cualquier movimiento siempre hay participación de diferentes grupos de fibras, de tal manera, que en este entrenamiento se producirán cambios adaptativos de las dos vías y mayor reserva de cada una de ellas en comparación al entrenamiento cuyo objetivo es potenciar la actividad de sólo una vía metabólica en el músculo (17,18).

Para el control y seguimiento del entrenamiento con componente mixto se han utilizado el lactato y el consumo máximo de oxígeno como marcadores de estas vías metabólicas, de gran uso en el entrenamiento de deportistas de alto rendimiento deportivo. Como es conocido el lactato es un componente de la vía glucolítica anaeróbica mientras que el consumo de oxígeno es un parámetro de la vía aeróbica, a continuación se profundizará sobre cada uno de ellos.

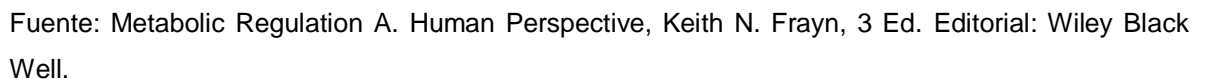
4.2 LACTATO

Por más de 100 años, en el campo de la Fisiología del Ejercicio, el ácido láctico fue considerado una sustancia de desecho metabólico o un producto “terminal” del proceso de la glucólisis celular (24) que causaba estados de fatiga y lesiones (25). Por esta misma época se creía que el ácido láctico o lactato, era el resultado de una actividad muscular intensa, en ausencia de oxígeno (anaeróbico), que provocaba acidosis metabólica, por lo tanto a la glucólisis se le denominaba glucólisis anaeróbica. Posteriormente se entendió que la glucólisis ocurre en presencia de diferentes concentraciones de oxígeno y cuando éste está disminuido el curso temporal glucolítico es rápido(24). En modelos animales se ha demostrado que el lactato no sólo es producido como resultado de una condición anóxica o hipóxica sino que es un metabolito producido durante una adecuada provisión de oxígeno (23)

Normalmente en reposo la concentración de lactato en sangre está por debajo de 1 mM/L y proviene de la degradación de glucógeno. El ácido láctico en condiciones fisiológicas dentro de los músculos y en la sangre se encuentra en un 99% en forma disociada como el ion lactato y los protones (H^+), razón por la cual se hace mayor referencia al lactato (20). En Ejercicio que es una condición de mayor gasto metabólico, sobre todo cuando es de alta intensidad (movimientos explosivos, aceleraciones de corta duración), se ha estimado que la vía glucolítica del lactato, se incrementa hasta 1000 veces en pocos segundos mientras que en ejercicio de resistencia este gasto de energía se aumenta hasta 18 veces. Todo esto involucra diferencias en el comportamiento de los sustratos.

Es conocida la relación entre la contracción muscular y la glucogenólisis, pues el calcio que se incrementa en el sarcoplasma no sólo desencadena la contracción muscular sino que además activa la fosforilasa quinasa que es una enzima de la glucogenólisis. Esta fosforilasa además es activada por el AMP que proviene en gran parte de la hidrólisis del ATP utilizado en la contracción y de la hidrólisis del

Figura 1. Transducción bioquímica del efecto del potencial de acción en la contracción y la Glucogenolisis.

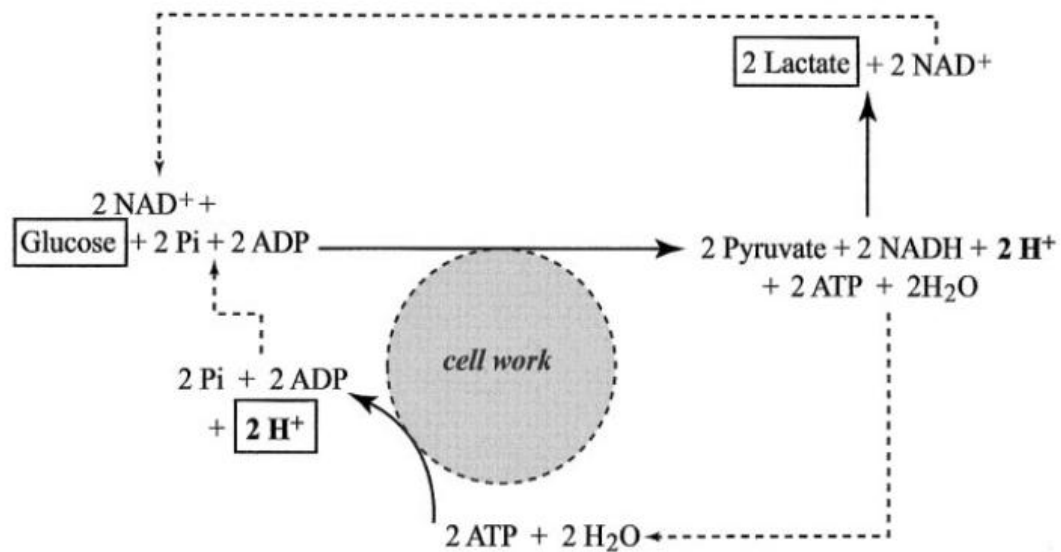


36

la glucólisis disminuía, por lo tanto ratificaban en la importancia de la presencia conjunta de los mediadores de la contracción y de los mediadores de la glucólisis (20).

Ahora se revisa en la siguiente figura 2, la relación entre la glucólisis y la formación del lactato.

Figura 2. Ciclo de producción del lactato.



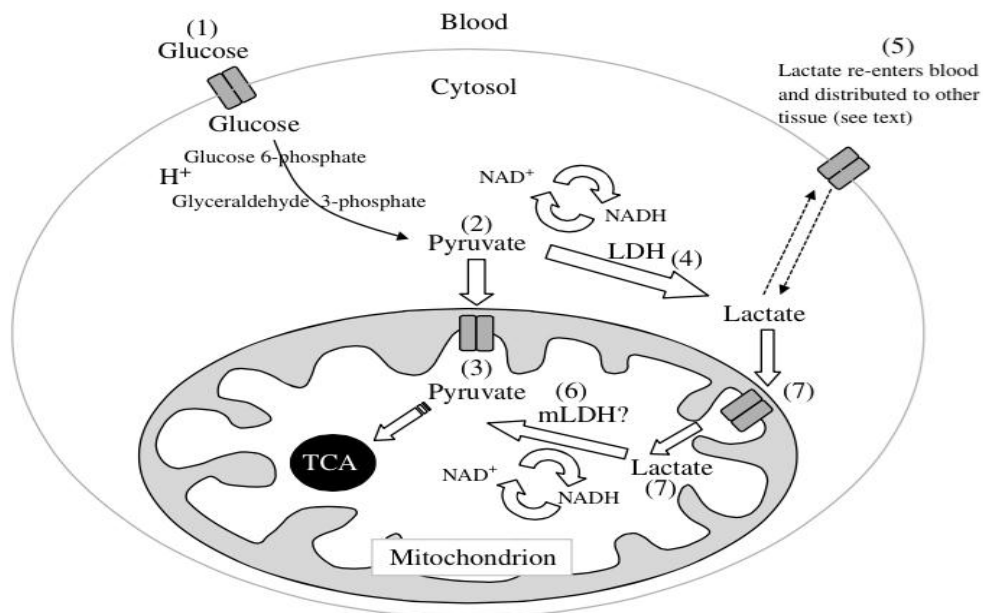
Fuente: Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(3), R502-R516.

La enzima que cataliza la reacción entre el pirúvico y el lactato es la lactato deshidrogenasa (21) de la cual se conocen cinco isómeros, los cuales están presentes en los diferentes tejidos, en el músculo esquelético predomina el isómero LDH M4 de esta enzima y su cinética es mucho mas rápida para producir lactato que la LDH H4 que está presente en el corazón, donde predomina la forma del pirúvico para seguir por la vía aeróbica que la formación del lactato (22). El

límite del uso de esta vía se ha asociado con la disminución en la dotación del NADH.

El lactato formado en el citoplasma puede ingresar a la mitocondria por medio del transportador MCT (Monocarboxilados), en donde bajo la acción de la LDHmit, (lactatodeshidrogenasa mitocondrial) se oxida a piruvato para integrarse al ciclo de Krebs. El lactato citoplasmático formado también puede salir a la sangre y distribuirse a otros tejidos. Por otro lado, el piruvato del citoplasma también puede ingresar a través de un transportador a la mitocondria para integrarse al ciclo de Krebs y producir ATP por fosforilación oxidativa (23) ver figura 3.

Figura 3. Movimiento del lactato Intra y extracelular

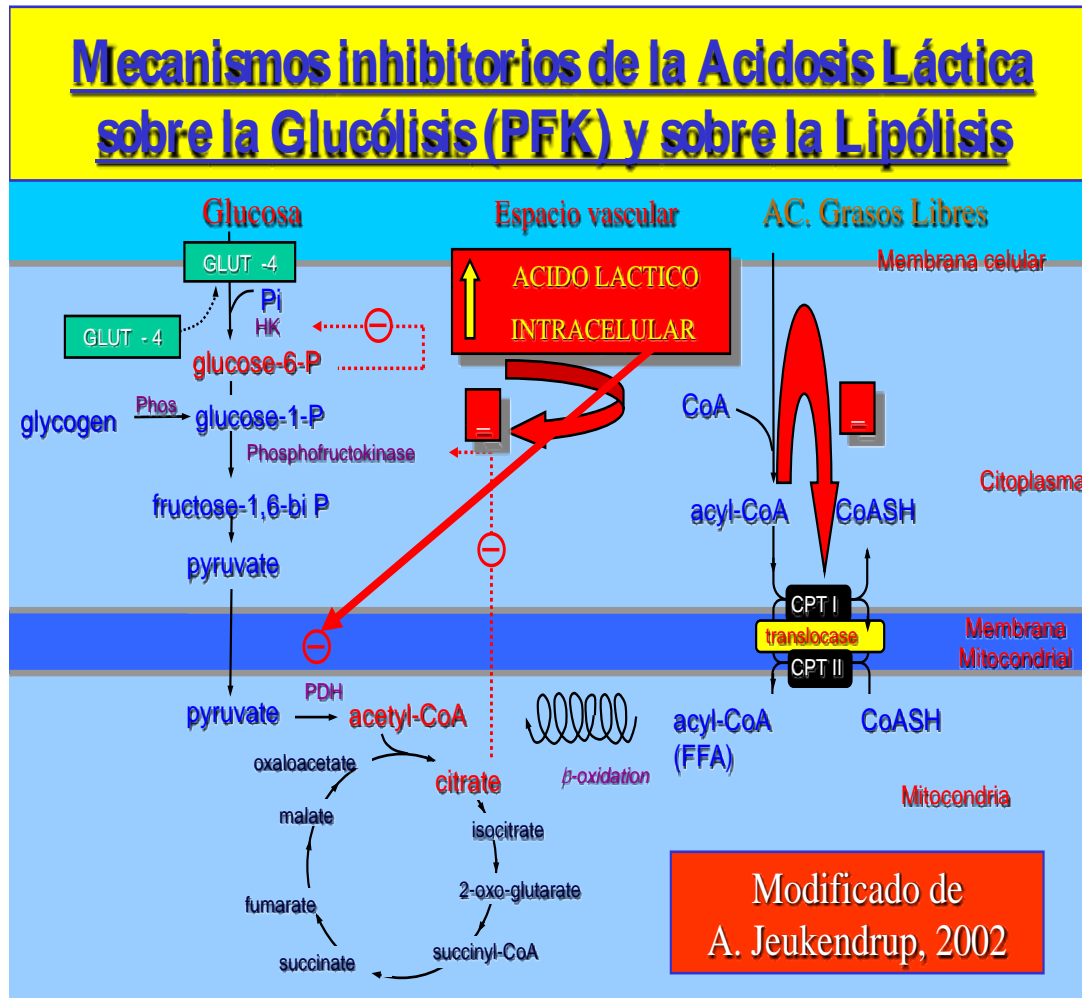


Fuente: Lactate--a signal coordinating cell and systemic function. Andrew Philp, Adam L. Macdonald, Peter W. Watt. J Exp Biol. 2005 December; 208 (Pt 24): 4561–4575.

El Lactato regula la velocidad de la glucólisis, cuando el ejercicio alcanza intensidades elevadas, los altos niveles de lactato producen acidez metabólica que genera inhibición de la actividad de las enzimas reguladoras de la actividad

glucolítica (26) como la fosfo-fructoquinasa (PFK). la hexoquinasa, la fosfoglucomutasa y la piruvato quinasa (Figura 4) (26).

Figura 4. Regulación de la producción de ácido láctico.

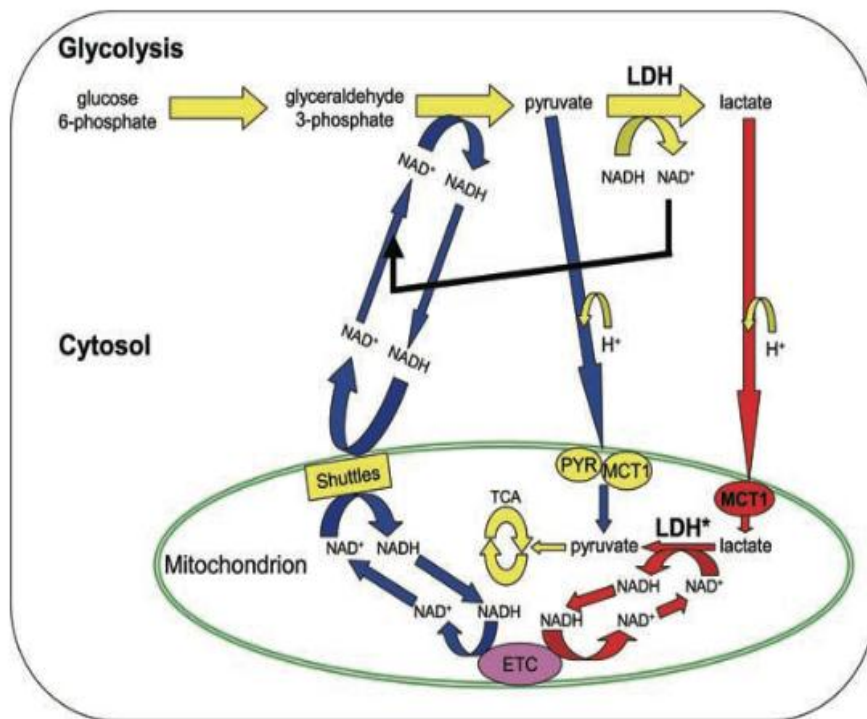


Fuente: Achten, J., Gleeson, M, & Jeukendrup, A. E. (2002). Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(1), 92-97.

Otros factores que también afectan la actividad de estas enzimas son: el nivel citoplasmático elevado de ATP y fosfocreatina, y la alta concentración de citrato desde el ciclo de Krebs.

Es importante anotar que la reacción entre el lactato y el piruvato es una reacción redox reversible en la que las moléculas NAD^+/NADH participan tanto en el citoplasma como en la mitocondria favoreciendo el ciclo entre esos dos espacios. A este ciclo contribuye la lanzadera malato-aspartato y los transportadores entre el citoplasma y la mitocondria así como se observa en la Figura 5 (23)

Figura 5. Ciclo de reacciones redox del lactato-piruvato y el complejo NAD/NADH entre citoplasma y mitocondria.



Fuente: Gladden, L. B. (2004). Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. The Journal of physiology, 558(1), 5-30.

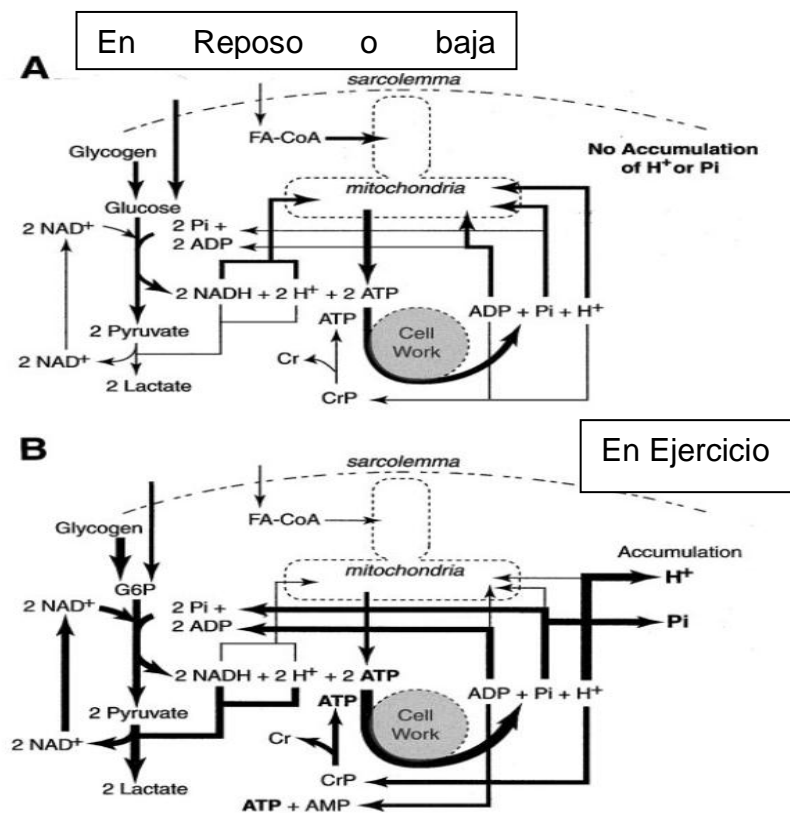
4.2.1 Metabolismo del lactato en alto rendimiento

¿Cómo influye el entrenamiento deportivo en el comportamiento de la concentración de lactato del deportista con monoaleta?

Como se puede apreciar en la Figura 6, el predominio de la conversión del piruvato depende de si se está en reposo o intensidad baja o alta de ejercicio.

Dependiendo de la intensidad del entrenamiento, predomina un tipo de reacciones bioquímicas sobre las cuales se producen las adaptaciones, moldeándose así una respuesta fisiológica (20) en el tiempo. Estas adaptaciones difieren en relación con la intensidad del esfuerzo físico o grado de exigencia para realizar los entrenos, el tiempo de exposición a los estímulos, el volumen total en minutos de cada sesión, la pausa de recuperación intra-sesión e inter-sesión (28).

Figura 6. Metabolismo de la glucosa dependiendo de la intensidad del ejercicio.



Fuente: Robergs, R. A., Ghiasvand, F., & Parker, D. (2004). Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 287(3), R502-R516.

4.2.2 Cinética del lactato: producción y remoción.

Entre lo que se ha descrito respecto a la producción del lactato se aduce que éste se aumenta con el ejercicio intenso y puede producir acidosis metabólica, que la cinética anaeróbica láctica es más rápida que la aeróbica aunque su capacidad de producción energética es menor (25,26) y que el metabolismo del lactato aunque es anaeróbico se da en presencia del oxígeno, es decir en condiciones aeróbicas (28).

Se creía que para estudiar el metabolismo anaeróbico láctico solamente se necesitaba identificar y determinar la cantidad de lactato en la sangre, pero a través de biopsias musculares Costill (1973), Coetzer p. (1993) se observó que las fibras musculares poseen lactato y una enorme capacidad para convertirlo en glucosa nuevamente. Se ha demostrado que puede haber una producción de lactato en el músculo sin que el incremento sea significativo en la sangre, puesto que diversos tejidos lo pueden captar. Al mismo tiempo se ha logrado establecer que el músculo es capaz de producir, remover y oxidar lactato(27, 28), por lo tanto se ha considerado que el metabolismo del lactato tiene que ver con la eficiencia energética y la recuperación muscular en el tiempo, pero también con las condiciones del sobre-entrenamiento y la fatiga.

El lactato puede ser removido de la sangre y reconvertido en energía para ser reutilizado por diferentes tejidos, este proceso se conoce como el mecanismo de ahorro del glucógeno, en el que el lactato puede ser utilizado por otros tejidos como el corazón, hígado, cerebro y otros grupos musculares que no estén activos (28, 29, 30). Está bien demostrado además, que con el entrenamiento intenso, se producen adaptaciones como el aumento de los transportadores de lactato (MCT), y el incremento de la afinidad de estos transportadores por el lactato (32,33), mediante las cuales se incrementa la remoción (31) del lactato. Hallazgos del Dr. Depocas describen que hay un recambio activo de lactato en reposo con una fracción aproximada del 50% del lactato formado, el cual es removido para oxidación. Durante el ejercicio esta tasa de recambio de lactato se incrementa(75

a 80%), la mayor parte del lactato es removido para oxidación, y el resto es convertido en glucosa.

Brayan C. y Bergman (25), estudiaron la Cinética del Lactato y compararon el comportamiento del lactato de los músculos activos con otros grupos musculares inactivos durante el ejercicio a una carga estable en personas sedentarias, las cuales estuvieron en un programa de entrenamiento por nueve semanas. Demostraron que los músculos activos son el sitio predominante pero no el exclusivo de producción y remoción de lactato y que otros tejidos deben aportar lactato a medida que el ejercicio continúa.

Brooks y cols.(29), precisan el significado de los términos producción y remoción del lactato antes no especificados, como la tasa de aparición de lactato en sangre o célula muscular y la desaparición respectivamente; además acuñan el término estado estable (Steady-State), en el cual la producción es igual a la remoción del lactato. Cada individuo tiene un nivel de tolerancia a las altas concentraciones del lactato, en relación al volumen (duración) o a la intensidad del esfuerzo, densidad o pausa entre estímulos, y frecuencia de los estímulos. Por otro lado se ha estudiado mediante test progresivo de velocidad, la producción de lactato y lo que se ha encontrado es un incremento leve casi constante hasta una concentración de 4mMol/l, luego de la cual se produce un aumento exponencial de la concentración del lactato en el tiempo, porque la producción se hace mayor que la remoción. A esta zona de cambio del incremento se le conoce como “Umbral Anaeróbico Lactácido” (29). Se ha descrito que la pendiente del incremento posterior a este umbral cambia con las pausas y la duración de estas cuando se hacen pruebas con diferentes tests incrementales (34), pero también se plantea que esta pendiente tiene que ver con el grado de entrenamiento y la modalidad del deporte (35).

La producción alta del lactato se mantiene si la glucólisis también se mantiene alta, la regulación de la velocidad de la glucólisis depende de: la concentración del glucógeno y su velocidad de degradación, de la composición miofibrilar predominante en el músculo y su densidad capilar (36,37,38,39), finalmente, entre

los factores importantes también están la velocidad e intensidad de la contracción muscular (40).

4.2.3 Tipo de fibra muscular y su relación con el proceso remoción-oxidación de lactato

Según Baldwin y cols.(37,38), el lactato producido preponderantemente en fibras glucolítica anaeróbicas rápidas II B, es difundido y removido para ser oxidado a pirúvico en las fibras lentas o aeróbicas tipo I, o en las fibras rápidas semi-oxidativas II A del mismo músculo, adyacentes o distantes. Esta teoría inicialmente propuesta por Brooks y cols, ha sido respaldada por varios autores (Brooks G.A., JAP, en el año 1984; Brooks y cols.)(41). Este y otros estudios (Freyschuss y Strandell, 1987), sugieren que un porcentaje entre el 8-12 % del lactato producido es removido por los músculos en reposo. Se ha comprobado que una mayor perfusión de sangre, generada por ejemplo, en el trabajo de recuperación activa del entrenamiento (37,38, 39), mejora la difusión del lactato de la célula muscular, activa al torrente y su transporte de remoción hacia áreas de oxidación. El aumento de la relación capilares / fibras de contracciones lentas(42) es importante para la provisión de mayores niveles de O₂ mientras que el incremento de la relación capilares/fibras rápidas es más importante para el transporte de lactato.

El papel del trabajo regenerativo activo es de capital importancia en los procesos de recuperación, el fundamento científico es que el ejercicio de baja intensidad activa el proceso de oxidación del lactato residual, en la mitocondria del mismo músculo o en otros grupos musculares de alto potencial oxidativo (43-45).

En este orden de ideas algunos reportes de la literatura describen el incremento de la concentración del lactato en músculos inactivos luego de la activación de otros músculos, un ejemplo es el trabajo de Karlsson y cols., (1975) quien encontró que el ejercicio de piernas aumentaba la concentración del lactato en los músculos de los brazos sin movimiento desde 1,0 a 9,7 mmol/kg, similarmente,

cuando se hizo ejercicio de brazos aumentaba la concentración de lactato en los músculos de las piernas de 1,0 a 7,8 mmol/kg. Coincidentalmente, Poortmans y cols. (1978), midieron la diferencia arterio-venosa de lactato en músculos de brazo en reposo, durante ejercicio progresivo de piernas. Jervell y cols., en 1928, y Newman y cols. en 1937, ya habían observado que la concentración de lactato sanguíneo declinaba durante el ejercicio de recuperación en relación con el lactato durante esfuerzo intenso. Entre 1940 y 1990, más de 20 estudios ratificaron estas evidencias preliminares.

Adicionalmente Pilegaard y cols(39), observaron que durante la realización de ejercicio intenso, juega un papel importante el incremento de la capacidad no sólo de transportar el lactato a través de las membranas de los sarcomeros sino el transporte de los iones H^+ , lo que mejora la habilidad del músculo para liberar estos componentes, previniendo así la aparición precoz de la fatiga.

4.3 CONSUMO DE OXÍGENO EN ALTO RENDIMIENTO, $VO_{2MÁX}$

Wasserman, K., y cols (2005) contribuyen en la definición de un parámetro de importante medición y utilización en la evaluación en el deporte que es el consumo máximo de oxígeno. Este parámetro representa la capacidad cardio-respiratoria(46) que participan en el ejercicio desarrollado a la máxima intensidad. Al revisar el concepto de $VO_{2Máx}$. desde los postulados de Hill y cols (1923), se debe tener en cuenta las siguientes premisas: que su valor está determinado por la capacidad del sistema respiratorio y cardiovascular para llevar el O_2 a los músculos y que el $VO_{2Máx}$. es un indicador estrictamente individual. Una de las definiciones del consumo de oxígeno es a partir del rol de este gas en el intercambio periférico y se describe como el producto del gasto cardíaco por la diferencia arterio-venosa de oxígeno.

La determinación del valor del $VO_{2Máx}$. permite evaluar el estado de entrenamiento, la capacidad y la potencia aeróbica de un deportista. El seguimiento y control de parámetros detectables en la curva del $VO_{2Máx}$. en el

tiempo, en la región umbral o en las zonas de transición aeróbica a anaeróbica de la curva del VO_2 , posibilitan la evaluación del cambio en el acondicionamiento cardo-vascular del deportista con el entrenamiento. En este orden de ideas es posible comparar estos parámetros entre periodos de preparación general y un periodo de preparación específico o también entre el inicio de temporada o pre-temporada y periodos de pre-competencia y competencia. Toda esta información permite visualizar el comportamiento del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ en diferentes momentos del entrenamiento y así inferir el tipo de metabolismo que pudo estar predominando en cada momento. El $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ se utiliza más como parámetro en el cálculo del aprovechamiento fraccional del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ (51) durante el desempeño deportivo.

Luego de múltiples estudios sobre análisis de los resultados del $\text{VO}_{2\text{max}}$, se han encontrado diferencias entre la población de acuerdo a su participación en el ejercicio. Se sabe que el valor del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ en reposo oscila entre 3 a 5 ml/ kg/min de peso corporal, en tanto que en la población que hace ejercicio y está vinculada a deportes de competencia, estos valores se incrementan hasta 40-50 ml/min(47), alcanzando en alto rendimiento valores de 75 ml/kg/min(48) en deportistas de *ultraendurance*.

Dependiendo del tipo de metabolismo que predomine (oxidativo o glucolítico) en una actividad deportiva, se genera un rango de valores del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$, siendo los valores más bajos para los deportes o modalidades deportivas cuya ejecución transcurre en fracciones muy cortas de tiempo (menores de 10 segundos)(47), como por ejemplo de estos son el lanzamiento de bala o de disco, levantamiento de pesas o carreras de corta distancia. En estos deportes el $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ oscila entre 35-44 ml/kg/min, mientras que en deportes con duración mayor de 4 min en los que el metabolismo es principalmente a expensas de la vía oxidativa de carbohidratos y grasas, el valor del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ está por encima de 55ml/kg/min. Valores intermedios de $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ entre 45 y 54 ml/kg/min se han observado en deportes de combate(49), algunas modalidades de atletismo(47) ciclismo, natación carreras(50) y natación aletas cuya duración oscila entre 30s a 3 o 4 minutos. En

estos deportes con valor intermedio del $\text{VO}_{2\text{Máx.}}$, predomina todavía la vía glucolítica anaeróbica. Se han reportado algunos **factores limitantes y determinantes del $\text{VO}_{2\text{Máx.}}$ con el ejercicio y/o entrenamiento** en deportes de corta a mediana duración y en deportes de endurance^{*2}.

En deportes de corta a mediana duración se han descrito varios factores que influyen en el límite del VO_2 y la resistencia a la fatiga, estos son: La capacidad de difusión pulmonar, el gasto cardíaco, la capacidad de transporte de oxígeno por la sangre y las limitaciones del músculo(52). Son conocidas las adaptaciones de estos factores en el entrenamiento de resistencias. Estas adaptaciones aumentan dramáticamente el oxígeno que se transporta a nivel sanguíneo y su entrega a los músculos, al mismo tiempo que la remoción del CO_2 , proveniente del alto metabolismo de la célula muscular. A pesar de estos cambios hay algunas limitaciones que se presentan a nivel celular, por ejemplo, en la difusión periférica del oxígeno, Honigh y cols., proponen que el principal sitio de resistencia de difusión del O_2 se encuentra entre la superficie del glóbulo rojo y el sarcolema, puesto que, aunque, el flujo sanguíneo se aumenta, la captación del O_2 por parte de la mitocondria no lo hace en la misma proporción, por lo tanto se aumenta el O_2 intracelular y baja la difusión hacia el interior de la mitocondria, consecutivamente con el entrenamiento aeróbico en forma regular, estimula el incremento del tamaño y la densidad mitocondrial que favorece el incremento del consumo de oxígeno que se produce con el tiempo.

En ejercicios de baja a mediana intensidad ocurre lo anotado anteriormente, sin embargo en ejercicios de alta intensidad en los que la producción del lactato aumenta, se ha descrito que en el intercambio periférico este aumento de

² Resistencia: En inglés *Physical Endurance*: Lapso de tiempo entre el comienzo de la actividad física de un individuo y la terminación por agotamiento (Descs, 2014).

hidrogeniones en sangre, disminuye la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno incrementándose la entrega del oxígeno a los tejidos y contribuyendo a los niveles de oxígeno intracelular (53). El aumento de la presión de oxígeno intracelular disminuye la cinética enzimática de las vías anaeróbicas y favorece el de las vías aeróbicas (15), por lo tanto en deportes de alta intensidad, aunque las vías aeróbicas no son las predominantes, se ha encontrado que el entrenamiento mixto (con componente aeróbico y anaeróbico) permite el desarrollo de adaptaciones en los intermediarios de las dos vías que favorecerían una mayor reserva de metabolitos energéticos y un mayor balance para los momentos de competencia en este tipo de deportes que cuando sólo se entrena teniendo en cuenta sólo el componente anaeróbico.

En deportes de larga duración o *endurance*, entre otras adaptaciones celulares en se ha reportado que el número de enzimas mitocondriales se aumenta en 2,2 veces, (220%), en tanto que el VO_2 sólo lo hace entre un 20-40% (Saltin 1977); Holloszy y Coyle reportan que entre las adaptaciones metabólicas de estos deportistas, ellos oxidan grasa y ahorran glucógeno y glucosa, lo cual conlleva a un mejoramiento del rendimiento deportivo, y a una disminución de producción de lactato durante el ejercicio. Igualmente proponen que ejercicios de baja intensidad, producen cambios pequeños en las enzimas mitocondriales, mientras que en deportistas de élite se observan cambios en la sintetasa deshidrogenasa, 2,5 veces mayor que en los no-entrenados. Con relación a la densidad capilar, inicialmente Andersen y Henriksson proponen que se incrementa con el entreno, pero no diferencian el tipo de entrenamiento. Posteriormente, Dempsey y cols., demuestran que lo principal no es la densidad, capilar sino el tiempo de tránsito a que se expone o se mantenga el flujo sanguíneo en ejercicios de alta intensidad para el mantenimiento de la extracción de O_2 .

Además de los factores limitantes del desempeño de los deportes de resistencia ya mencionados ($\text{VO}_{2\text{máx}}$, el porcentaje del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ utilizado, el umbral láctico o metabólico), están los factores determinantes como son la economía de la carrera

y el desempeño deportivo (46). La real velocidad de carrera ejecutada con la tasa de oxidación genera moléculas de ATP, y está determinada por la habilidad individual de trasladar energía en el desempeño deportivo. El $\text{VO}_{2\text{Máx}}$, está limitado por factores cardio-respiratorio, mientras que el porcentaje del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$, puede ser mantenido primariamente por las adaptaciones musculares a partir de un prolongado entrenamiento. Además está asociado a factores de economía de los movimientos de la carrera (54). Otro factor determinante es el umbral láctico durante la realización de los entrenamientos y que a la vez puede servir de factor predictor de resultados deportivos (55).

4.3.1 Criterios para la determinación del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$

El valor del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ cambia dependiendo del tipo de ergo-espirómetro que se utilice, el más alto valor reportado se hace en pruebas realizadas en banda sinfín, en tanto que en ciclo-ergómetros los valores están en valores intermedios y los más bajos valores están en pruebas realizadas en ergómetros de brazos(56). Otro punto que hay que tener en cuenta es la diferencia con el $\text{VO}_{2\text{pico}}$, ($\text{VO}_{2\text{Máx}}$ más alto) y otros indicadores relacionados con esta prueba, como los umbrales metabólicos, el RER (tasa del cociente respiratorio), y el test con mediciones de lactato. Por tal razón durante la realización de un test ergo-espirometrico son importantes los criterios establecidos(57) para considerar los resultados del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ que según Howley (1995) quien los reunió, reporta: Que el $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ se alcanza cuando su valor se asemeja en mínimo tres oportunidades delineando la meseta o *plateau* de la medición del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$, aunque el deportista continúe realizando el test ergo-espirométrico a una mayor o a la misma velocidad. Otro criterio es que paralelamente a la determinación del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$ (RER) sea mayor de uno (aporte calórico a expensas de carbohidratos principalmente) y que la concentración de lactato esté por encima de 9 a 10 mM/L (lo que representa un reclutamiento predominantemente de fibras de contracción rápida tipo II A). Un último criterio es que el valor de la frecuencia cardiaca que se alcance en este test, este entre un 80 a 90% al de la frecuencia cardiaca máxima.

4.3.2 VO_{2MÁX} en entrenamientos continuos versus intermitentes

Un punto importante en el abordaje del VO_{2MÁX}, es su dependencia del estímulo o tipo de entrenamiento, ya sea de tipo continuo o intermitente. En los deportes de comportamiento cíclico y durante entrenamientos de tipo continuo o constantes se ha descrito los cambios en las cifras relativas y absolutas del VO_{2MÁX}, los cambios en su morfología al representarlo en gráficas, sus tres componentes básicos y sobre el impacto en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y sobre la disminución de los factores de riesgo cardiovascular.

En los últimos años se ha investigado sobre los cambios asociados al entrenamiento por intervalos, especialmente del *High Intensity Interval Training* (HIIT)(58), en los cuales no sólo se demuestran las bondades del beneficio del HIIT en la población sedentaria con riesgo de enfermedades crónicas (mejora la captación de glucosa a nivel celular a través del incremento de sus transportadores GLUT-4 (transportadores de glucosa) y de la sensibilidad a la insulina) sino que abre la posibilidad de aplicar este tipo de entrenamientos a deportistas de alto rendimiento para mejorar sus resultados ya que-según estos autores-mejoran las cascadas de señalización intracelular de las sarcómeras para definir la respuesta metabólica y los cambios específicos en la expresión genética y proteica que ocurre con el HIIT.

Otros estudios como el de Turner y cols.(59), demostraron que los cambios agudos en el comportamiento del VO_{2MÁX} y su cinética en ejercicios intermitentes presentan un comportamiento similar a los realizados con cargas de trabajo constante. Este mismo grupo propone el perfil de la asociación de lactato con la cinética del VO_{2MÁX}, como marcadores para determinar el nivel de intensidad del ejercicio, además de los indicadores “clásicos” como son la frecuencia cardiaca, la carga de trabajo, la escala de Borg o percepción de la fatiga o en forma aislada

el $\text{VO}_{2\text{Máx}}$. Rozenek y cols.(60), describe hallazgos interesantes en deportes cíclicos intermitentes, uno de ellos es la asociación entre el tiempo de duración del trabajo realizado a alta intensidad (cerca del 100% del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$.) con el tiempo de la pausa, y demuestra que la relación 2:1 entre estos tiempos, (trabajo intenso en 30s y recuperación en 15s), genera mayor beneficio para el desarrollo tanto de la vía aeróbica (oxidativa) como la glucolítica anaeróbica.

4.3.3 $\text{VO}_{2\text{Máx}}$. en **entrenamientos** agudos y en endurance

Billat y cols. (61), en el año 1999, describen sobre los efectos de los diferentes tipos de entrenamiento en el comportamiento del $\text{VO}_{2\text{Máx}}$., demuestran que el desempeño deportivo en corredores de atletismo no es alterado con el entrenamiento intermitente de velocidad durante cuatro semanas, a pesar del incremento de la noradrenalina sérica, sugieren en cambio que este tipo de entrenamiento retarda la aparición de RER y que con una estimulación más duradera en el tiempo, posiblemente se pueda incrementar el $\text{VO}_{2\text{Máx}}$. y la velocidad asociada al $\text{VO}_{2\text{Máx}}$. Gibala y cols. (62), en 2008, proponen que tan sólo seis sesiones de HIIT con 15 minutos de ejercicio muy intenso (~600 kJ) durante más de dos semanas, puede aumentar la capacidad oxidativa del músculo esquelético y el rendimiento de resistencia en deportistas de alto rendimiento; El trabajo de otros investigadores (63) coinciden con estas propuestas. Se han postulado además los potenciales mecanismos a nivel de la biogénesis mitocondrial que explican los cambios inducidos por el HIIT.

Recientemente Hatle y cols.(65), (2014), demuestran que el HIIT realizado en 24 sesiones durante tres a ocho semanas mejora el $\text{VO}_{2\text{Máx}}$. y que las adaptaciones cardio-vasculares obtenidas en 3 semanas con estímulos muy frecuentes (8 sesiones por semana), son inferiores a las obtenidas durante las 8 semanas, posiblemente por la aparición rápida de la fatiga con estímulos tan altos en relación al programa de 8 semanas que ofrece más posibilidad del desarrollo de los procesos adaptativos.

4.3.4 ¿En qué condiciones se mejora el VO_{2MAX} ?

En revisión de Ghosh y cols.(66), proponen que el realizar entrenamiento con intensidad cercana a la del umbral láctico en los deportes de carácter cíclico, conlleva a mejorar el rendimiento deportivo en competencias. Por encima de este nivel de intensidad se presenta la acumulación de lactato y que este tipo de exigencia provee mejoría en el umbral metabólico y en el VO_{2Max} . La recomendación para mejorar el $VO_{2Máx}$ es entrenar a una intensidad cercana al umbral metabólico y durante los entrenamientos, la puesta a punto o en el calentamiento ejecutar exigencias muy cercanas (67) a los 4 mM/L de lactato en los deportes acuáticos.

4.4 PROTOCOLO DE LOS TESTS DE LACTATO

Al realizar protocolos de intervención en deportistas de alto rendimiento se deben tener en cuenta factores de entrenamiento como: volumen, intensidad y frecuencia del estímulo según Hawley y cols. (68), pero también, las pausas, la continuidad del estímulo y el número de repeticiones (44). Todos estos factores son importantes en las adaptaciones del rendimiento deportivo Figura 7.

Figura 7. Adaptaciones musculares por entrenamiento con HIIT en ciclistas

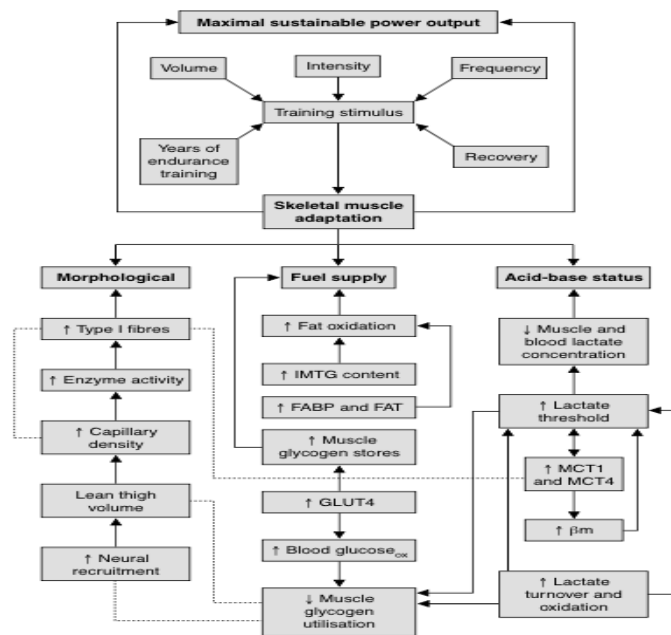


Fig. 1. A model of some of the major adaptations in skeletal muscle that result from the high-volume, high-intensity training undertaken by professional cyclists. Blood glucose_{ox} = blood glucose oxidation; FABP = fatty acid binding protein; FAT = fatty acid translocase; GLUT 4 = glucose transporter protein; IMTG = intramuscular triglyceride; MCT = monocarboxylate transporter; βm = muscle buffering capacity; ↓ indicates a decrease; ↑ indicates an increase.

Fuente: Hawley, J. A., & Stepto, N. K. (2001). Adaptations to training in endurance cyclists. Sports Medicine, 31(7), 511-520.

Estos factores del entrenamiento se tuvieron en cuenta en el diseño de los test pedagógicos de 100 y 200m que se utilizaron para evaluar el comportamiento del lactato en la población estudio de deportistas de natación monoaleta en la presente investigación. El propósito con estos test fue el control y seguimiento de la carga de entrenamiento para poder predecir más científicamente el rendimiento deportivo en natación con monoaleta.

Dada la ausencia de reportes bibliográficos en natación con monoaletas, el ajuste de los factores de los test de 100m y de 200m se tuvo que realizar a partir de los test utilizados en natación carreras, aprovechando además, la investigación del lactato como medio de control y seguimiento de las cargas de entrenamiento (69) en este deporte. A continuación se describe como se hizo el ajuste de cada uno de estos factores para los test de 100 y 200m.

4.4.1 Duración de los Tests

Para ajustar la duración del test que permitiera evaluar la vía metabólica con predominio del lactato, en este trabajo se tuvo en cuenta lo reportado respecto al rango temporal de esta vía que está entre 30 y 40 segundos (70,71,72), en el caso de natación carreras corresponde a la prueba de 50 metros, mientras que para natación con monoaletas correspondió a la prueba de 100 metros. Se ajustó además la duración de otro test, en el que la participación del lactato se complementaba con la participación de la vía aeróbica y se encontró que la duración fue aproximadamente de 100 segundos para una distancia de 200 metros (73).

4.4.2 Tipo de test

Para seleccionar el tipo de test en el cual hubiera predominio del lactato como vía metabólica se tuvieron en cuenta las modalidades de entrenamiento en natación con monoaleta, estas eran dos, una en la que el entrenamiento era continuo de intensidad media y por lo tanto de mayor duración, en la cual, los niveles de lactato están en estado de equilibrio de acuerdo a lo reportado en la literatura (Olbrech y cols., 1985)(74); la otra modalidad corresponde a entrenamientos discontinuos con intensidades altas y menor duración en la que se estimula principalmente la vía glucolítica del lactato. Esta modalidad además permite mantener la técnica, la eficiencia biomecánica, la resistencia local con menor posibilidad de fatiga (Weineck, J., 2005)(75) en comparación a la modalidad de entrenamiento continuo. De estas modalidades se seleccionó la discontinua porque la vía metabólica láctica era la predominante.

4.4.3 Distancia de los Tests

Se eligieron los tests con distancias de 100 y 200m porque en los tiempos en que transcurrieron estuvieron presentes la vía anaeróbica y la combinación de las vías aeróbica-anaeróbica respectivamente y además porque son las distancias que se

utilizaron con mayor frecuencia durante los entrenamientos y las competencias en natación con monoaletas.

4.4.4 Número de repeticiones en cada test

Para seleccionar el número de repeticiones de los test de 100 y 200m se tuvo en cuenta lo reportado en la literatura respecto a los tests intervalados con pausas y diferente número de repeticiones (76), las cuales oscilaban entre seis a diez (77). Se inició con seis a ocho repeticiones en cada test y se observó buena respuesta pero la concentración del lactato estuvo entre 5-6 mM/L y al terminar, la percepción del esfuerzo físico era de leve a moderado. Se probó un número mayor de repeticiones (12 a 14) para los mismos test y se observó que la velocidad de natación no se podía mantener y además que la concentración de lactato se elevaba demasiado (18mM/L - 20mM/L), apareciendo síntomas como jadeo respiratorio, náuseas, y cansancio. Achten, J., y cols.(78) refieren que cuando la concentración de lactato es superior a 13-14 mM/L, se produce acidosis metabólica e intracelular con consecuencias como la inactivación de las principales enzimas aeróbicas,(20), SCH, LDH y PFK.

De acuerdo a los resultados de estas pruebas en este estudio el número de repeticiones seleccionado fue de diez para ambos test(100 y 200m).

4.4.5 Pausas entre las repeticiones

Determinar el tiempo de pausa entre repeticiones en los tests de 100 y 200m fue una pregunta importante que se hizo, ya que de ella depende la recuperación metabólica periférica y central, al igual que la recuperación mental.

Debido a la alta intensidad ($85\% \pm 10\%$ de su mejor marca personal) con la cual se realizaban los tests, era necesario realizar una pausa de duración suficiente para permitir el descenso de los niveles de hidrogeniones provenientes de la hidrólisis del ATP y en menor cantidad del lactato y así impedir el efecto inhibitorio de la actividad enzimática de la vía anaeróbica (descrita anteriormente).

En el caso del test de 100m, las 10 repeticiones se ejecutaron a una velocidad promedio de 2 a 2,20 m/s, con una intensidad más alta y mayor producción de lactato que en el test de 200m, por lo tanto se escogió una pausa o tiempo de recuperación de dos minutos, en la que los procesos de remoción y oxidación del lactato se puedan desarrollar.

Las diez repeticiones del test de 200m se ejecutaron a una velocidad promedio menor entre 1,6 a 1,85 m/s, por lo tanto la intensidad y la producción de lactato, fue menor que en el test de 100 metros. De tal forma se decidió que el periodo de recuperación fuera de un minuto.

La fundamentación de las pausas en los test de 100 y 200m se basó en la propuesta de Brooks y cols, quienes plantearon el mecanismo de la lanzadera “shuttle” de lactato intercelular (28,29,30), descrito y demostrado además por Brooks y cols., quienes afirman que en el tiempo de recuperación energética, el lactato es transportado de músculo a hígado para favorecer la gluconeogénesis a través del ciclo de Cori (17), por otro lado y más en relación con las repeticiones se afirmó que el lactato funciona como sustrato energético del corazón, el cerebro y las sarcómeras durante las repeticiones de alta intensidad (85+/-10%)(45). Además se afirmó que el lactato formado por la alta tasa de glicolisis anaeróbica en las repeticiones con alta intensidad, se introduce al interior de la mitocondria por medio de los MCT1 (32,33,79), “shuttle-intracelular,” lo cual contribuye a la producción de energía basal redox del piruvato dentro de las mitocondrias, formando nuevas moléculas de ATP.

De tal forma que la pausa entre las repeticiones en ambos tests favorece a los procesos de remoción extracelular de lactato al torrente sanguíneo, a los órganos blancos (corazón, cerebro e hígado, tomando el camino del ciclo de Cori) y a la oxidación intra-mitocondrial del lactato y del proceso redox del piruvato.

Beneke y cols., 2003, (76), conceptuaron que la tasa glucolítica del test intervalado con pausas de 30s y 90s están disminuidas durante las pausas pero que están compensadas por el VO_{2max} de todo el organismo como resultado de un incremento de la captación del $VO_{2máx}$ post-ejercicio. Beneke y cols.,(81), demostraron los efectos sobre la concentración y el comportamiento del lactato durante un test fraccionado con cargas constantes.

4.4.6 Número de mediciones de lactato

En nuestro estudio se evaluó el comportamiento del lactato de los deportistas de monoaleta con los test de 100 y 200m diseñados. Se realizaron mediciones de la concentración de lactato en cinco de las diez repeticiones. Estas cifras fueron llevadas a una gráfica de dos variables, en un plano cartesiano, se unieron a través de una línea, a la cual se les realizó un ajuste por medio de una regresión lineal y se seleccionaron dos parámetros, uno de los cuales era la concentración inicial del lactato $Lac(Me)$ y el otro la pendiente de la regresión. Con estos parámetros se evaluó el comportamiento del lactato en ambos tests, en cada uno de los deportistas y por grupos estratificados por sexo a lo largo de los meses evaluados durante el año 2013. Se hicieron comparaciones entre Marzo y Junio (periodo 1) y luego entre Septiembre y Noviembre (periodo 2).

4.4.7 Intensidad de ejecución de cada test

En el presente estudio se eligió una velocidad constante durante los test debido a las ventajas y beneficios del modelo de cargas a intensidad constante sobre las cargas en las pruebas incrementales.

La característica fundamental del modelo de cargas a intensidad constante es el mantenimiento sostenido de la intensidad de la carga durante un esfuerzo de entrenamiento fraccionado o intervalado, por repeticiones, que en nuestro caso

estuvo en 85% (+/- 5%) de su mejor velocidad en el test de 100m y de igual forma se mantuvo la intensidad de carga de trabajo al 85% (+/- 5%) de la velocidad de la competencia de 200m.

La evidencia científica demostró que el entrenamiento a carga constante, es más específico y más efectivo en la mejoría de la resistencia y la potencia aeróbica, ya que logra que las cargas mantengan un “*stress*” metabólico enzimático celular específico, por periodos más prolongados de tiempo, además que permite mejor planificación y periodización de cargas, con cargas más frecuentes y con menos efectos residuales de fatiga.

4.4.8 Cálculo de la intensidad de la velocidad de natación con monoaleta

Para cuantificar la carga interna o el grado de intensidad del esfuerzo físico en la mayoría de los artículos científicos en los deportes de prestación cíclica y acíclica se mide a través de la expresión de un porcentaje del VO_{2max} . determinado previamente. En deportes cíclicos (atletismo, natación y ciclismo) durante la realización de un test intervalado, las repeticiones o cargas de trabajo se ejecutan a una intensidad determinada por el VO_{2max} . En el presente estudio de natación con monoaleta, se intentó determinar el VO_{2max} , dentro de la piscina, pero debido a la velocidad que se desarrolló durante la realización de los tests de 100m (por encima de 2,30m/s) el equipo portátil para medir el $VO_{2máx}$. no se pudo adecuar. Se optó manejar un criterio diferente para determinar el grado de intensidad del esfuerzo físico durante la realización de los test.

Con el objetivo de aclarar el grado de intensidad a la cual los deportistas debían nadar, los test de *Stade Stable*, (SS), ayudaron a dilucidar un poco, ya que durante su realización se persigue mantener la concentración del lactato en estado estable (producción=remoción y oxidación)(80,82), durante la prueba.

En el presente trabajo se pretendió mantener un esfuerzo constante durante la realización de las diferentes repeticiones del test y se observó cómo fue el

comportamiento del lactato, a diferencia de muchos trabajos en donde se pretende es mantener la concentración de lactato en un rango cercano al umbral metabólico (83,84) que corresponde 4 mM/L (85), de tal forma que el objetivo final de ellos es mantener la concentración de lactato estable sacrificando la velocidad.

Desde el punto de vista metodológico en el trabajo de campo, la mayoría de los entrenadores trabajan los deportes de prestación cíclica por encima de este umbral, buscando un mejor proceso de adaptación para mejorar los tiempos y bajar los registros y marcas de las competencias. Aunque ellos para controlar y hacer el seguimiento de las respuestas a las cargas de los entrenamientos sólo tienen su registro en papel (tiempos, número de repeticiones y series), por lo que se observa que en ocasiones se está entrenando en zonas de lactacidemia muy altas, bloqueando la actividad de la mayoría de las enzimas aeróbicas (20), LD, SC y PK, que a la postre en vez de mejorar la velocidad de natación, lo que se observa es empeoramiento en los registros en los tests de campo pedagógicos y durante las competencias.

Acá surge la pregunta, ¿Cómo orientarse para no excederse en la intensidad de carga de trabajo?.

4.4.9 Conceptos de áreas funcionales

Los estudios y publicaciones de Maglischo y cols., (86), orientan los entrenamientos en natación carreras en su intensidad por zonas o áreas funcionales, teniendo como principal protagonista el lactato, el cual se monitorea durante la realización y ejecución de las series de repeticiones durante los entrenamientos. Ellos proponen que el entrenamiento intervalado de alta intensidad sea monitoreado y controlado por zonas. Ver Figura 8 de Maglischo y cols., (87)

Figura 8. Áreas funcionales para entrenamiento de acuerdo a la concentración de lactato.



Fuente: Maglischo, Ernest W. (2012). Training Zones Revisited. J. Swimming Research, Vol. 19: 2.

Con el objetivo de poder entrenar en una zona específica plantean la necesidad de monitorear por medio de la concentración del lactato. Lo que se acerca más a la realidad del diario trabajo de los deportistas, está en el manejo de las intensidades en las zonas superiores en donde se estimula las fibras de contracciones rápidas (Tipo II A o II B), que principalmente son las grandes productoras de lactato y que a la postre son las que van a soportar las altas intensidades de las cargas de trabajo. En la gráfica se puede observar las diferentes áreas o zonas propuestas por Maglischo y cols., en donde cada una tiene un nombre diferente que corresponde al comportamiento del lactato y representa una característica fisiológica que está ocurriendo en el organismo del individuo.

Para orientarnos en como estas zonas pudieron ayudar en el presente trabajo, en lograr que las repeticiones en los test de 100 y 200m, se mantuvieran en dichas rangos y partiendo de la experticia de los entrenadores llegamos a considerar que la velocidad constante a una intensidad alta es el camino a seguir.

Por lo anterior en el presente estudio se decidió tomar como medida del grado de exigencia física o de intensidad de las repeticiones, la velocidad de natación con monoaleta. Se optó por tomar la velocidad correspondiente a la mejor marca registrada en el último campeonato previo al presente estudio. Pansold y cols, 1991, (70), en su estudio por determinar el umbral láctico en natación carreras proponen que sea manejada la intensidad del esfuerzo físico de las repeticiones a partir del mejor tiempo registrado en competencia. Luego, para la ejecución de las repeticiones en ambos tests se cuestionó que porcentaje de la mejor velocidad debían cumplir los deportistas. En el presente estudio se determinó en un 85% (+/- 5%) para ambos test (100 y 200m). De tal manera que el estudio tiene un modelo de test con repeticiones interrumpidas (fraccionadas) con pausas predeterminadas y bajo una carga constante expresada en un porcentaje de la mejor velocidad detectada en el último campeonato nacional.

El principal objetivo del estudio fue determinar el comportamiento de las concentraciones de lactato medidos en las cinco tomas consecutivas en la 2, 4, 6, 8 y 10 repetición mediante un test de 100 metros ejecutados a una velocidad predeterminada, 85% (+/-5%) de la mejor registrada en el último Campeonato Nacional 2012. Las pausas de descanso intra-prueba fueron de dos minutos.

Igual metodología se aplicó para el test de 200 metros, se mantuvo el porcentaje velocidad del test que fue entre 85% (+/-5%) de la mejor velocidad -para la distancia de 200m- registrada en el Campeonato Nacional del año 2012 y la pausa de descanso entre cada repetición fue de un minuto de duración.

Si se compara la velocidad desarrollada entre los dos tests, se observa que el test de 100m se ejecutó a una mayor velocidad como se esperaba.

4.3.6 Interpretación y utilidad de la Áreas Funcionales, con medición de lactato

Las áreas funcionales fueron originalmente desarrolladas por entrenadores y fisiólogos de la ex Alemania Democrática, Kipke L., (1986); y luego adaptadas por el entrenador Ernest Maglischo (USA), con énfasis en natación (1993). El esquema y modelo de áreas funcionales es aplicable en evaluación y entrenamiento de los deportes cíclicos, tanto como en los períodos de preparación física general de los deportes acíclicos de prestación intermitente.

Debe aclararse que las áreas funcionales de entrenamiento “no son prescripciones de carga, ni recetas de planes de trabajo”, son pautas que orientan al predominio energético y a los efectos metabólicos de especificidad de las cargas, para la construcción de los programas y los ciclos del proceso de entrenamiento deportivo.

A modo de contribución didáctica y de fundamentación fisiológica de las áreas funcionales, es importante describir en particular, los efectos fisiológicos de los procesos de recuperación en Zona 1 (Sub-aeróbica) y de los procesos de adaptación aeróbica o Zona 2 (Super-aeróbica) y la Zona 3 (VO_{2max} .)

En la Zona 1 – Área Sub-aeróbica, concentración de lactato 2 a 4 mM/L, encontramos los siguientes efectos fisiológicos específicos:

- Preserva la carga de glucógeno, usando grasas como combustible principal (“Mecanismo de Ahorro de Glucosa-Glucógeno I”).
- Desarrolla la mayor “potencia” de remoción de lactato, o sea que remueve y oxida más lactato por minuto de esfuerzo. (“Mecanismo de Ahorro de Glucosa-Glucógeno II”).

- Desarrolla la capacidad aeróbica central y periférica (corazón, pulmón, capilares y el número de mitocondrias).
- Mantiene la base aeróbica, en los periodos de “*Tapering Off*” (puesta a punto), o en los procesos de transición, sea causada por una lesión o receso deportivo.
- Preserva el porcentaje de masa muscular del individuo, reduciendo el tejido adiposo.
- Aumenta la tasa de glucógeno-síntesis muscular (más velocidad de resíntesis “entrenando activo que descansando pasivo”)
- Imprescindible para entrenar y recuperarse, cuando se usan cargas de alta intensidad, de predominio láctico elevado.

En la Zona 2 – Área Super-aeróbica, concentración de lactato 4 a 7 mM/L, se observan los siguientes efectos fisiológicos específicos:

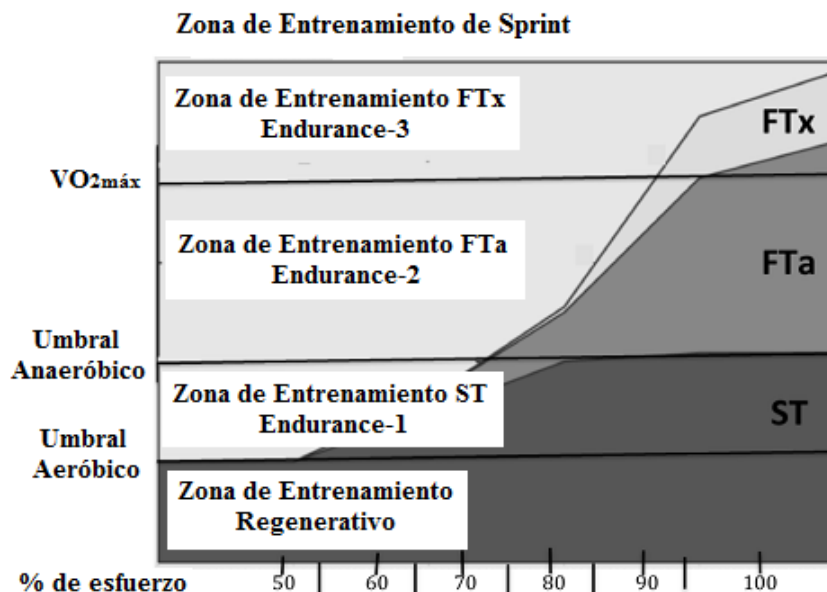
- Carga específica para aumentar la eficiencia y potencia del mecanismo de producción-remoción-oxidación de lactato en estado de equilibrio (“*steady-state*”).
- Vital para mejorar la velocidad “de la parte media” en las carreras de medio fondo (2-8m) y fondo (> a 10-15min) (*Uso del “Lactate Turn-Over” [Rt] intra-carrera*), en especialidades cíclicas.
- Importante para mantener alta capacidad de desplazamiento (volumen en metros), intensidades elevadas en carreras rápidas y sprint, con mejor conservación de la técnica, de la coordinación y de la precisión, en disciplinas acíclicas de prestación intermitente.
- Imprescindible para desarrollar la potencia del mecanismo de remoción activa, después de series de alta intensidad, o luego de competencias.
- Aumenta la resistencia (“*endurance*”) aeróbica, elevando el umbral de estado de equilibrio láctico y construye la base para trabajos de $VO_{2\text{Máx}}$ (Zona 3).

En la Zona 3 – Área $VO_{2\text{máx.}}$, concentración de lactato 7 a 10 mM/L, se puede apreciar los efectos fisiológicos específicos:

- Estimula la máxima capacidad de absorción de O_2 , a nivel mitocondrial, acelerando la velocidad enzimática del Ciclo de Krebs y de la cadena respiratoria.
- Aumenta la densidad mitocondrial y la concentración de enzimas del ciclo de Krebs + concentración PDH.
- Mejora los mecanismos cardiorrespiratorios centrales y periféricos de transporte y difusión de O_2 y CO_2 .
- En síntesis, incrementa la potencia aeróbica.

Figura 9. Zonas de entrenamiento basadas en el reclutamiento de fibras musculares.

Zonas de Entrenamiento Basadas en el Reclutamiento de Fibras



Fuente:

Maglischo, Ernest W. (2012). Training Zones Revisited. J. Swimming Research, Vol. 19: 2.

4.5 EVALUACIÓN ANTROPOMÉTRICA

Se realizó un estudio antropométrico completo siguiendo la metodología de la ISAK, Sociedad Internacional para el Avance de Antropometría, para determinar el porcentaje graso y de masa muscular, para lo cual se utilizó un set de antropometría y composición corporal Centurion Kits (Rosscraft, Buenos Aires, Argentina) y un Caliper de pliegues cutáneos Harpenden (Creative Health Products, USA). Los datos fueron recolectados en un formato especial (anexo), para procesar los datos de la antropometría y calcular en un software especial de composición corporal, Biosystem, Argentina, que utiliza un modelo de los cinco componentes, siguiendo la metodología de Débora Kerr en el año 1988 (89)

4.5.1 Recomendaciones previas a la evaluación antropométrica

Se tuvo en cuenta realizar la evaluación antropométrica a la misma hora del día todas las veces, la persona se encontró sin entrenar (12 horas de reposo), para definir bien las estructuras corporales. El deportista llevó ropa cómoda, traje de baño en hombres y en mujeres vestido de baño de dos piezas. El lugar de la valoración fue cómodo, libre de interrupciones acústicas y con buena ventilación e iluminación.

Las características del equipo utilizado incluyeron buena precisión y sensibilidad del equipo:

4.5.2 Equipos de medición antropométrica

EQUIPOS
Set de antropometría Rosscaff, Argentina.
Programa para análisis de composición corporal. Bodymetrix. Argentina.
Caliper (Harpender) para pliegues cutáneos.*
Tallímetro.*con precisión de 1mm
Balanza mecánica. * con precisión de 100g
Cinta antropométrica mide longitudes precisión de 1mm
Cinta antropométrica mide los perímetros precisión de 1mm
Paquímetro calibre mide pequeños

diámetros, precisión de 1mm.
Plicometro o lipometro mide panículo adiposo precisión de 0,2 a 1mm

4.5.3 Descripción detallada de la mediciones antropométricas realizadas

El modelo de cálculo antropométrico de la composición corporal en cinco fracciones (piel, tejido adiposo, muscular, óseo y residual), se desarrolló a partir de los conceptos originales de Jindrich Matiegka (1921), continuado por D.T. Drinkwater, con su modelo de cuatro componentes o fracciones y tiene una notable base de sustentación en la Táctica Phantom, propuesta por Ross y Wilson (1974), modificada posteriormente por Ross y Ward (1982). Se ha dado evidencia de ser un sistema de cálculo independiente de las muestras (ya que se ha aplicado con éxito en diferente tipo de muestras), es un método simple y poco costoso, utilizando protocolos de medición estándar, validados por la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (I.S.A.K.). (William D.ross, 1993)(88). Los Scores Z obtenidos son similares y comparables a los datos obtenidos de cualquier muestra, en la que se haya aplicado la escala Phantom. Esencialmente se trata de un programa de ordenador normal, que proporciona: 1) índices estándar de adiposidad (suma de seis pliegues cutáneos ajustada a la estatura) y peso proporcional (ajuste geométrico del peso corporal a la estatura); 2) una lista de valores para ocho pliegues cutáneos, diez perímetros, dos diámetros de hueso y cuatro pliegues cutáneos corregidos respecto a los percentiles 4, 50 y 96; 3) un perfil de proporcionalidad de 25 perímetros, altamente ajustado referente a hombres y mujeres tipo.

El modelo, además, en su construcción revela su independencia de la muestra de cadáveres, mostrando una buena eficiencia en el cálculo de masas fraccionales de los mismos, especialmente en el cálculo de masa ósea y muscular; persisten algunos márgenes discretos de subestimación en mujeres y sobrestimación en varones, del tejido adiposo en la muestra cadavérica, hecho que se puede comparar a la aplicación del modelo en seres vivos. De cualquier modo, el modelo de cinco componentes revela mejor *performance* en el cálculo de las masas de cadáveres y en el cálculo predictivo del peso corporal de 11 muestras "*in vivo*", que cualquier otro modelo fraccional anterior; especialmente por la heterogeneidad de las muestras (en sexo, edad, etnicidad y nivel de capacidad física y deportiva); ha sido demostrado que es el mejor método para cálculo de peso predictivo en niños y adolescentes. (William D.ross, 1993) (89).

A la hora de estimar anatómicamente las masas tisulares, desde luego, hay también suposiciones vulnerables, ya que los volúmenes derivados de la antropometría, para ser convertidos en masas, deben tener valores de densidad estimados, específicos para cada tejido, explícitos en el método de Drinkwater (1984) e implícitos en el método Phantom (humano unisexuado de referencia) diseñado originariamente por Ross y Wilson (1974). (William D.ross, 1993), así como también las masas fraccionales definidas (90).

4.5.4 Masa de tejido adiposo

En el modelo fraccional, el tejido adiposo fue basado en pliegues cutáneos de las extremidades y los lados del torso, reconociendo que las adiposidades de las extremidades predominan en las mujeres y las del torso en los hombres. Una subestimación sistemática en las mujeres y una sobreestimación sistemática en los hombres ha hecho pensar que en el uso de pliegues cutáneos y perímetros musculares corregidos puede ser de utilidad para predecir este tejido, si se optimiza la fórmula. Las medidas que se emplearon para determinar la masa de tejido adiposo fueron:

- Pliegue cutáneo tricipital
- Pliegue cutáneo subescapular
- Pliegue cutáneo supraspinal
- pliegue cutáneo abdominal
- Pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- Pliegue cutáneo de la pantorrilla medial

Predicción de la masa adiposa: se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$S_{ADIP} = \text{sumatoria (TPSF + SSSF + SISF + ABSF + THSF + MCSF)}$

$Z_{ADIP} = [S_{ADIP} \cdot (170,18 / HT) - 116,41] / 34,79$

Donde:

- 116,41 = sumatoria de medias Phantom de los pliegos cutáneos 34,79 = sumatoria de los desvíos estándar Phantom para los pliegues cutáneos
- TPSF = pliegue cutáneo del tríceps
- SSSF = pliegue cutáneo subescapular
- SISF = pliegue cutáneo supraespinal
- ABSF = pliegue cutáneo abdominal
- THSF = pliegue cutáneo frontal del muslo
- MCSF = pliegue cutáneo de la pantorrilla media
- $M_{ADIP} (kg.) = [(Z_{ADIP} \cdot 5,85) + 25,6] / (170,18 / HT)^3$
- Donde:
- M_{ADIP} = Masa adiposa (en kg)
- Z_{ADIP} = Score de proporcionalidad Phantom para la masa adiposa
- 25,6 = Constante del método para media de masa adiposa Phantom (en kg)
- 5,85 = Constante del método para desvío estándar de la masa adiposa Phantom (en kg)

4.5.5 Masa de tejido muscular

Lo conformaron todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios, vasos sanguíneos y sangre coagulada y una cantidad indeterminada de tejido adiposo no separable físicamente del músculo., El músculo fue estimado a partir de perímetros corregidos por el pliegue cutáneo (es decir, sustrayendo al perímetro el grosor del pliegue cutáneo adyacente, en cm.), excepto, para el perímetro del antebrazo. En el caso del perímetro del antebrazo no se hizo ninguna corrección porque en la mayoría de protocolos no se incluye la medida del pliegue cutáneo adyacente. Las medidas que se emplearon para determinar la masa de tejido muscular fueron:

- Perímetro del brazo relajado corregido por el pliegue cutáneo tricipital
- Perímetro del antebrazo (no corregido)
- Perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular
- Perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo de la parte frontal del muslo
- Perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial
- Predicción de la masa muscular
- $S_{MUS} = \text{Sumatoria (P ARC + P FA + PTHC + P MCC + P CHC)}$
- $Z_{MUS} = [S_{MUS} \cdot (170,18 / HT) - 207,21] / 13,74$

Donde:

- 207,21 = sumatoria de las medias Phantom de los perímetros corregidos
- 13,74 = sumatoria de los desvíos estándar Phantom para los perímetros corregidos
- PARC = perímetro del brazo (relajado), corregido por el pliegue cutáneo del tríceps

- P FA = perímetro del antebrazo (no corregido)
- P THC = perímetro del muslo, corregido por el pliegue cutáneo del muslo frontal
- P MCC = perímetro de la pantorrilla, corregido por el pliegue cutáneo de la pantorrilla medial
- P CHC = perímetro de la caja torácica, corregido por el pliegue cutáneo subescapular
- $M\text{ MUS (kg.)} = [(Z\text{ MUS} \cdot 5,4) + 24,5] / (170,18 / HT)^3$

Donde:

- M MUS = Masa muscular (en kg)
- Z MUS = Score de proporcionalidad Phantom para masa muscular
- 24,5 = Constante del método para media de masa muscular Phantom (en kg)
- 5,4 = Constante del método para desvío estándar Phantom para el músculo (en Kg)

4.5.6 Somatotipo

Es una clasificación de la forma del cuerpo y está basado en conceptos de forma corporal, o lo que es igual, la conformación exterior de la composición corporal, sin tomar como único dato básico la estatura. El método más completo es el denominado Somatotipo de Heath y Carter, muy utilizado en la valoración de deportistas de diferentes disciplinas. (McDougall.D, 2005)

La técnica del Somatotipo se basó en la interpretación de tres componentes que muestran la dominancia relativa de un determinado tipo de físico: a) Endomorfismo, o predominancia adiposa relativa, b) Mesomorfismo, o predominancia músculo esquelética relativa, c) Ectomorfismo, o predominancia en linealidad relativa.

Cada uno de los componentes se identificó en la secuencia endomorfismo Mesomorfismo y Ectomorfismo. Puede expresarse en valores que van desde el uno al doce. Si uno de los componentes tuvo la calificación 1, es porque esa forma corporal es despreciable en ese sujeto, a medida que el valor aumentó y se aproxima a seis o siete, se puede hablar de la predominancia de ese componente, siendo difícil encontrar un valor de 12 o cercano.

El método de Heath y Carter fue descrito en detalle por Carter en 1980. Las especificaciones en cuanto al método y al análisis bi- y tridimensional pueden encontrarse en Carter, Ross y Duquet (1983). El procedimiento usual para describir el Somatotipo de una muestra determinada es utilizar la media y la desviación estándar de cada componente y exponerlos en una distribución normal sobre la somatocarta, que es la representación gráfica del Somatotipo.

El Somatotipo es una técnica valiosa, extensamente utilizada para describir las características de forma de un atleta. Utilizado como dato único el Somatotipo es incapaz de predecir el rendimiento de un deportista, ya que las características individuales, tanto estructurales como funcionales pueden condicionarlo. Se sabe que, otros elementos pueden influir en el rendimiento atlético, como el deseo, el

oportunismo y la voluntad del deportista. Además se debe analizar que porcentaje de trascendencia tiene la conformación del físico (tanto su forma, como su composición), en todas las disciplinas deportivas.

4.5.7 Predicción del Somatotipo

Componente Endomórfico: se refiere a la adiposidad relativa, las variables se obtuvieron al medir cierto número de pliegues subcutáneos de tejido adiposo. Ellos fueron el pliegue del tríceps, el de la escápula, y el de la espina iliaca. En la fórmula se utilizaron la sumatoria de estos tres valores, representados por la letra X. Cuando nos ajustamos a una talla determinada, la obtención de este valor se multiplica por 170,18 cm (que es la estatura Phantom), obteniéndose entonces el nuevo valor.

$$ENDOMORFISMO = (0.1451x) - 0.00068x^2 + 0.0000014x^3 - 0.7182$$

Componente Mesomórfico: hace referencia a la robustez músculo esquelética relativa y se obtiene por medio de la siguiente ecuación, siendo E la medida del ancho de húmero (en cm), K es el ancho del fémur (en cm), y A es la circunferencia del brazo corregida, que se calculó por medio de la siguiente ecuación.

$$MESOMORFISMO = 0.858(E) + 0.601(K) + 0.188(A) + 0.161(C) - 0.131(H) + 4.5$$

Siendo E la medida del ancho de húmero (en cm), K es el ancho del fémur (en cm), y A es la circunferencia del brazo corregida, que calculó por medio de la siguiente ecuación.

$$C.C.Brazo = C. del Brazo (cm) - \left(\frac{\text{Pliegue del Triceps (mm)}}{10} \right)$$

En la fórmula del mesomorfismo C representa la circunferencia corregida de la

pantorrilla y H es la altura real del sujeto evaluado (en cm). La corrección de la circunferencia de la pantorrilla se realizó por la siguiente fórmula.

$$C.C.Pantorrilla = C. de la Pantorrilla (cm) - \left(\frac{\text{Pliegue de la Pantorrilla (mm)}}{10} \right)$$

Componente Ectomórfico: Es el componente longilineo relativo y se obtuvo a través del Índice Ponderal (ó R.P.I., por sus siglas en inglés), lo cual significa dividir la altura real del sujeto evaluado por la raíz cúbica de su peso.

$$R.P.I. = \frac{\text{Altura (cm)}}{\sqrt[3]{\text{Peso (kg)}}} \quad \text{ó} \quad \text{Altura} * \text{Peso}^{(-0.333)}$$

Cuando el índice *RPI* es mayor a 40.75, entonces el ectomorfismo se calcula de la siguiente manera.

$$\text{Ectomorfismo} = 0.732 (R.P.I.) - 28.58$$

Si el índice *RPI* es igual o menor que 40.75 y mejor que 38.25, entonces aplicamos la siguiente fórmula.

$$\text{Ectomorfismo} = 0.463 (R.P.I.) - 17.63$$

Si el *RPI* es menor que 38.25 le damos al componente ectomórfico el valor mínimo, es decir 0.1.

4.5.8 Representación gráfica del Somatotipo o somatocarta

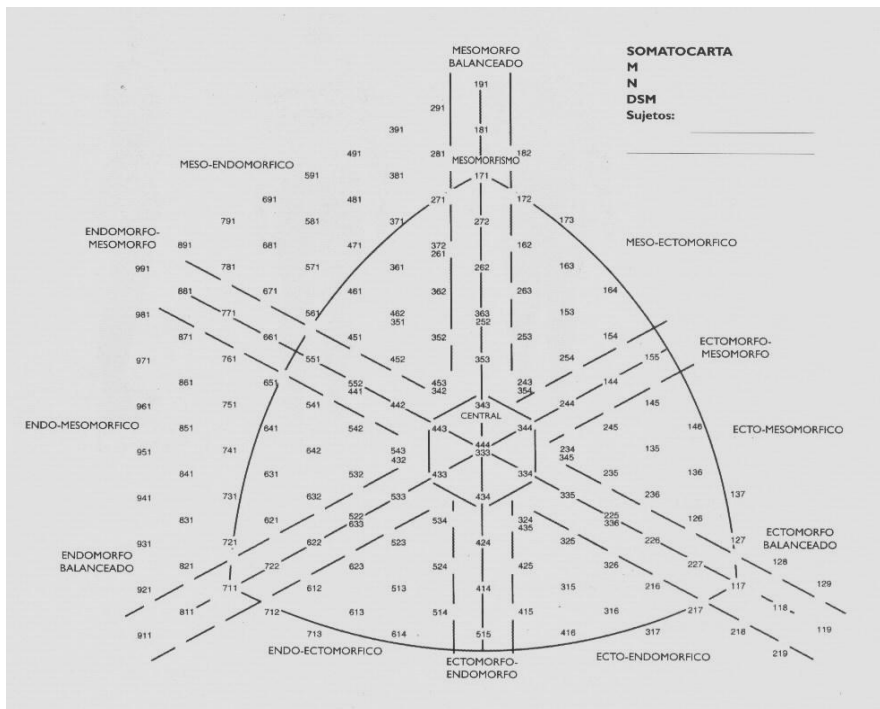
Un gráfico tabulado, según las especificaciones de Carter, puede ayudarnos a visualizar la posición relativa de un deportista con respecto a sus pares. Dicha representación se muestra sobre una estructura de ejes cartesianos que contiene una gráfica bidimensional que nos permite ubicar a un sujeto partiendo de sus tres componentes. En la fórmula de cálculo prevalecen los más importantes.

Como se observa en la figura de la somatocarta, cada componente del Somatotipo: endomorfismo, mesomorfismo y ectomorfismo, están representados por un área en el gráfico. Allí donde los puntos se unen encontramos la ubicación particular de un sujeto, para lo cual tomamos en cuenta los componentes predominantes, para calcular cada eje (x e y), de la somatocarta. Para averiguar el valor de cada eje aplicamos las siguientes fórmulas de cálculo, y obtendremos los valores de x e y.

$$\text{Eje X} = \text{Ectomorfismo} - \text{Endomorfismo}$$

$$\text{Eje Y} = 2 * \text{Mesomorfismo} - (\text{Endomorfismo} + \text{Ectomorfismo})$$

Figura 10. Somatocarta.



Fuente: Tomada de: Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. 1996. *Anthropometrica*, 1:25-75

5 METODOLOGÍA

5.1 TIPO DE ESTUDIO

Para alcanzar los objetivos propuestos se diseñó un estudio observacional, analítico, en el que se siguió de forma prospectiva, a una cohorte dinámica de deportistas de natación con monoaleta. La variable de exposición central fue el entrenamiento formal, dirigido y desarrollado en el marco de una selección departamental, sin embargo para la evaluación de la respuesta metabólica al entrenamiento se emplearon pruebas estándar mediante las cuales se generaron un estímulo replicable y suficiente para la medición de las variables resultado, las cuales fueron: lactato, $VO_{2\text{máx}}$, porcentaje de grasa corporal y porcentaje de masa muscular.

5.1 POBLACIÓN

La población del estudio fue escogida entre los mejores deportistas de la selección Valle de natación con monoaleta, quienes son los que representan a nivel nacional e internacional a la región o el país. Esta selección hace parte de la Liga de Actividades Subacuáticas, la cual obtuvo su reconocimiento jurídico en el año 1992 y estaba conformada por 13 clubes de la ciudad de Cali durante el año 2013. Al momento de la investigación la selección tenía 30 deportistas de los cuales 23 fueron seleccionados para el estudio luego de cumplir con los siguientes criterios de inclusión.

5.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

5.2.1 Criterios de inclusión

- Deportistas de alto rendimiento de natación con monoaleta con un mínimo de cuatro años de entrenamiento continuo y previo al año 2013 (Archivo de la liga de Actividades Subacuáticas del Valle)
- Con edad en el rango entre 15 y 31 años
- Que aceptaran y firmaran el consentimiento y/o los padres el asentimiento informado (Anexo 4)
- Sin alteraciones al examen físico que impidiera el desarrollo del entrenamiento (Anexo 1)
- Que asistieran como mínimo al 60% de las sesiones de entrenamiento mensual (Anexo 2) y al control a través de los test pedagógicos realizados mensualmente por el entrenador de la selección Valle
- Que utilizaran los implementos normalizados y recomendados en las sesiones del entreno
- Que acataran las recomendaciones de hidratación, nutrición y reposo, previamente, a las pruebas de evaluación del estudio (Lista de chequeo implementada por nutricionista, anexo 3)
- Que asistieran y cumplieran con el protocolo de los test de evaluación del estudio.

5.2.2 Criterios de exclusión

- Cuando se incurra en el incumplimiento de la normatividad o de las técnicas aprendidas y corregidas durante el plan de entrenamiento (evaluación por entrenador y médico deportólogo)
- Cuando el deportista presente condiciones patológicas durante el entrenamiento que le impidan continuar en él (Anexo 1)

- Cuando haya ingestión de sustancias prohibidas por la WADA (World Anti-Doping Agents) como por ejemplo: hormonas, estimulantes y/o adictivas del sistema nervioso central, etc. (Anexo 1)
- Por retiro voluntario y/o por bajo rendimiento (archivos de la liga de Actividades Subacuáticas)

5.3 DEFINICIÓN DE VARIABLES

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Medición
Variables de exposición:			
Asistencia a los entrenamientos	Cantidad de sesiones de entrenamientos cumplidas durante el periodo del estudio	Cuantitativa	Proporción del 60% de asistencia
Variable control para el test de lactato	Es la velocidad que los deportistas deben cumplir como parte del protocolo de los test de lactato para 100 y 200 metros	Cuantitativa	Proporción para 100 metros (85% \pm 5%) y para 200 metros (85% \pm 5%)
Chequeo de pre-requisitos para la ejecución de los tests	Es el conjunto de requisitos que los deportistas debían cumplir para la ejecución de los tests de lactato y $VO_{2m\acute{a}x}$.	Cualitativa	Evaluación verbal
Variables resultados			
A. Concentración de lactato	Es la concentración de lactato en sangre registrada durante los tests de 100 y 200 metros	Cuantitativa	Milimoles por litro. (mMol/l)
B. Consumo Máximo de Oxígeno relativo. ($VO_{2m\acute{a}x}$ relativo).	Es la cantidad máxima de oxígeno que el cuerpo alcanza a consumir por cada kilogramo de peso al final de	Cuantitativa	Mililitro de oxígeno por kg de peso en un minuto.
C. Peso	Es la medida de la fuerza	Cuantitativa	Kilogramos.

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Medición
	gravitatoria ejercida sobre el cuerpo humano		
D. Estatura	Es la longitud máxima medida desde los pies hasta el punto más alto de la cabeza.	Cuantitativa	Centímetros.
E. Índice de masa corporal, IMC	Es la relación del peso expresado en kilogramos sobre el cuadrado de la talla expresada en metros.	Cuantitativa	Kilogramo/Metros al cuadrado.
F. Porcentaje grasa corporal	Es la expresión porcentual del contenido graso en humanos.	Cuantitativa	Porcentaje.
G. Porcentaje muscular	Es la expresión porcentual de la masa muscular.	Cuantitativa	Porcentaje.
H. Perímetro muscular	Es la medición del perímetro de los grandes segmentos corporales.	Cuantitativa	Milímetros
I. Somatotipo	Es la representación de la tendencia de la morfología corporal a ser de predominio longilíneo o musculoso o gordo.	Cualitativa	Ectomórfico o longilíneo, Endomórfico a tendiente a ser gordo y Mesomórfico a ser musculoso.
3. Variables confusoras.			

Nombre de la variable	Definición	Tipo de variable	Medición
A. Sexo	Distinción de género especificado en la Historia clínica.	Cualitativa	Frecuencia por genero
B. Edad	Tiempo transcurrido en años desde el nacimiento hasta la fecha de ingreso especificada en la historia clínica.	Cuantitativa	Proporción individuos entre 15 y 30 años

5.4 DISEÑO DEL ESTUDIO

Como se describió previamente en este estudio se evaluó el comportamiento de las variables Lactato (metabolismo anaeróbico) en sangre, $VO_{2\text{máx}}$ (vía aeróbica) y de las mediciones antropométricas (porcentaje de grasa corporal y porcentaje de masa muscular) para cada sexo, durante el programa de entrenamiento planificado para el año 2013. La selección de estas variables se hizo teniendo en cuenta la accesibilidad y el uso generalizado en el monitoreo de alto rendimiento, lo cual nos permitía cumplir con los objetivos propuestos.

Este estudio se realizó por cohortes dinámicas, en él se captaron 30 de los mejores deportistas de la Selección Valle de Natación con monoaleta, la cual hace parte de la Liga de Actividades Subacuáticas, varios de estos deportistas habían ocupado posiciones destacadas en competencias nacionales e internacionales y tenían cuatro años de entrenamiento de alto rendimiento como mínimo.

De los 30 deportistas se seleccionaron 23 por criterios de inclusión, los excluidos siguieron entrenando.

Antes de iniciar los procedimientos se reunieron a los 23 deportistas seleccionados, a sus familiares y al entrenador, se les informó sobre el proyecto y posteriormente con cada uno se llevó a cabo el procedimiento de consentimiento y asentimiento informado.

Por el alcance de los objetivos del estudio y el tamaño reducido del universo consideramos que no era apropiado seleccionar una muestra, por lo tanto se realizó la evaluación a todos los participantes.

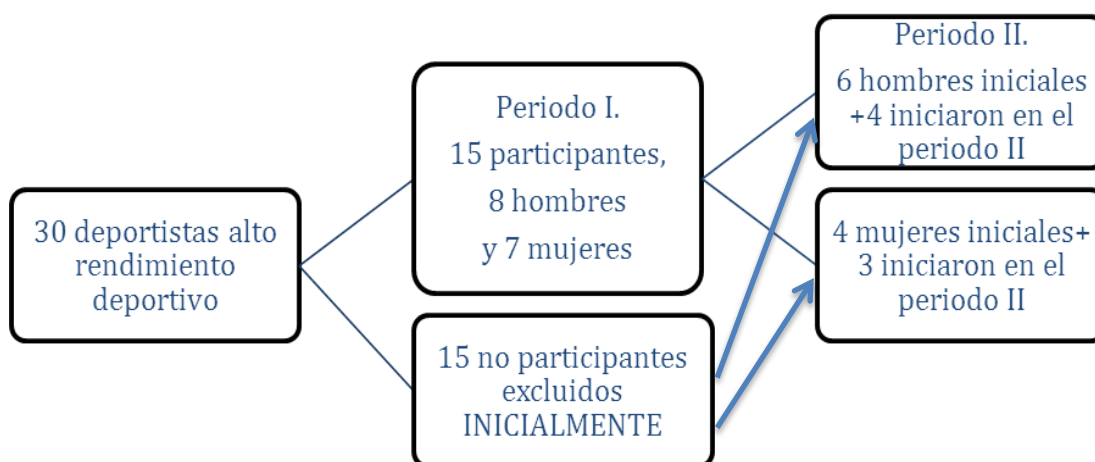
Al inicio del periodo 1, se citó a 23 los deportistas para que diligenciaran un formato de antecedentes patológicos personales, familiares y deportivos (ver anexo), y para evaluación médica. Después de esta evaluación, los deportistas seleccionados fueron 15 (primera cohorte), quienes podían participar en el presente estudio y realizaron los entrenamientos dirigidos por el entrenador de la liga de actividades sub-acuáticas del Valle.

Una vez finalizado el periodo 1, salieron cinco participantes (dos hombres y tres mujeres), las causas de exclusión fueron la inasistencia a los entrenamientos (mayor del 40%), la disminución del rendimiento deportivo (excluidos de la liga) y el no cumplimiento de los criterios de los test en 100 y 200m.

Al inicio del periodo 2, ingresaron siete deportistas que venían entrenando con el mismo entrenador; A estos siete deportistas se les realizaron todos los procedimientos de ingreso al estudio de la misma manera que para el grupo que inició el estudio al inicio del periodo 1, quienes junto con seis hombres y cuatro mujeres inicialistas conformaron la segunda cohorte, de tal forma que en el periodo 1 y 2 participaron 15 y 17 deportistas respectivamente.

La dinámica de participación de las cohortes se presenta en la figura 11.

Figura 11. Esquema de conformación de las cohortes.



De tal forma que la primera cohorte en el periodo 1 se realizó durante la segunda semana de Febrero y en el periodo 2 en la segunda semana del mes de Agosto se conformó la segunda cohorte.

La evaluación de las variables resultado, objeto de la presente investigación fueron programadas de acuerdo al plan de entrenamiento propuesto para el año y teniendo en cuenta el tiempo en que las variables podían presentar cambio significativo de acuerdo a lo reportado en la literatura. Como para el $VO_{2\text{máx.}}$ el cambio significativo se reporta entre doce a catorce semanas, se evaluó en Marzo, Junio, Septiembre y Noviembre y para el lactato, se reportan cambios significativos en cuatro semanas, por lo tanto la evaluación fue mensual en cada uno de los dos periodos.

Las valoraciones del lactato se registraron en un formato para distancias de 100 y 200m (Anexos), en tres ocasiones durante el periodo 1 y dos veces en el periodo 2. La determinación del $VO_{2\text{máx.}}$ se realizó en 2 ocasiones por cada periodo (Anexo). Las mediciones antropométricas al igual que los controles nutricionales se realizaron mensualmente.

Dado que, las sesiones de entrenamientos simulan las distancias de las competencias, en los test de 100 y 200m se observó que tomando como base el tiempo de duración de cada repetición de las distancias, el principal componente que se estuvo trabajando fue el anaeróbico (glucolítico) en los primeros y en los segundos se comparte las dos vías metabólicas: aeróbicas y anaeróbicas.

Se toma como referencia pruebas en natación con monoaleta que tuviesen una duración en promedio de 30 a 40 segundos de duración (70) que coincidieron con el test de 100m.

La duración del segundo test debía tener una duración oscilante entre 100 a 120 segundos, que en el caso del presente estudio coincidió con el test de 200m.

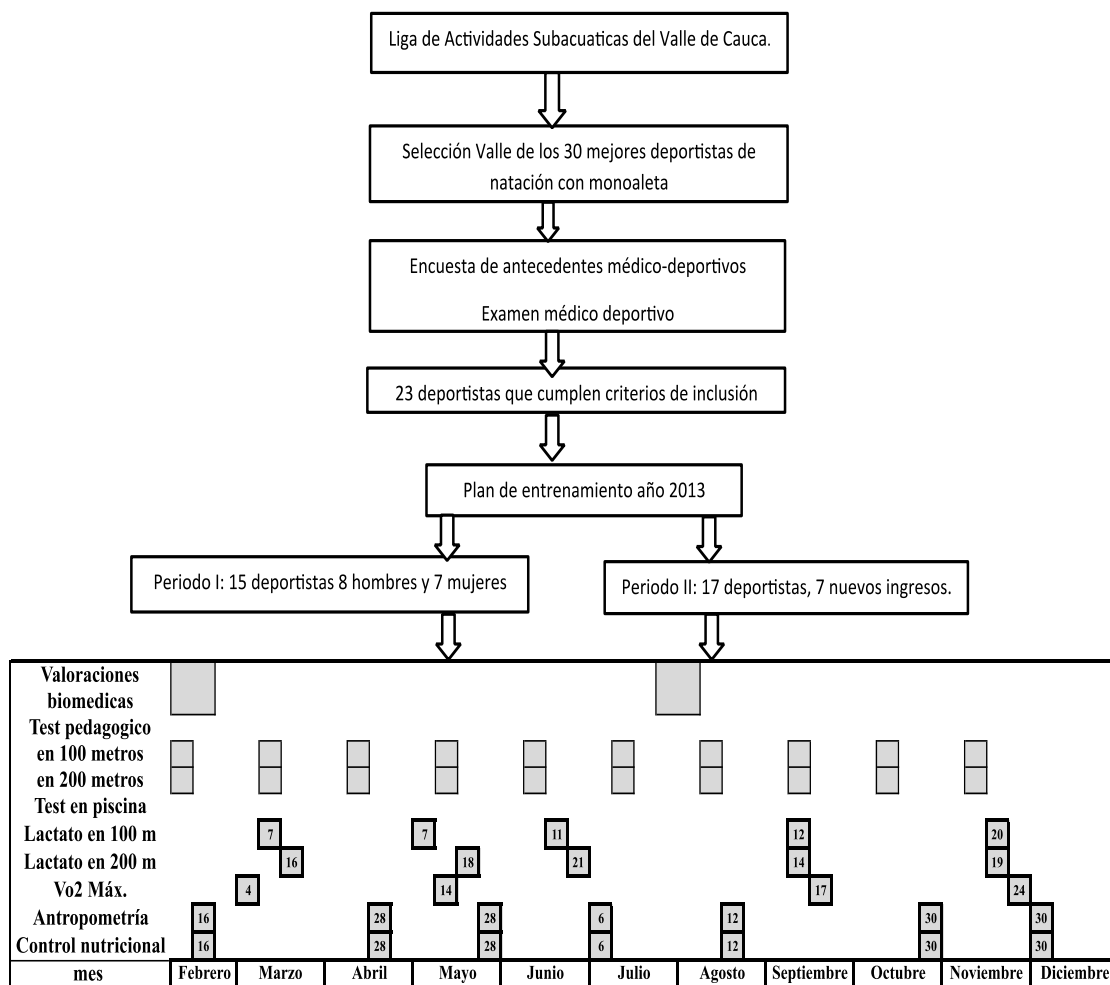
Como se puede apreciar en el siguiente flujograma (Figura 12), las valoraciones de lactato se realizaron en test de 100 y 200m, en tres ocasiones en el periodo 1 y dos veces en el periodo 2; en tanto que la determinación del $VO_{2\text{máx.}}$ se realizó en 2 ocasiones en ambos periodos. Las valoraciones nutricionales se realizaron en promedio mensualmente.

La asistencia a los entrenamientos fue registrada por un funcionario de la liga, que no estaba relacionado con el estudio y se consolidó en un informe mensual, del cual se tomó la información para calcular el porcentaje de asistencia.

En el siguiente flujograma se puede visualizar las fechas de las actividades de selección de los deportistas que cumplieron con los criterios de inclusión, las

diferentes valoraciones y los registros de información de las variables seleccionadas.

Figura 12. Flujograma de actividades realizadas durante todo el macrociclo del año 2013.



5.5 PROCEDIMIENTOS –ENTRENAMIENTOS

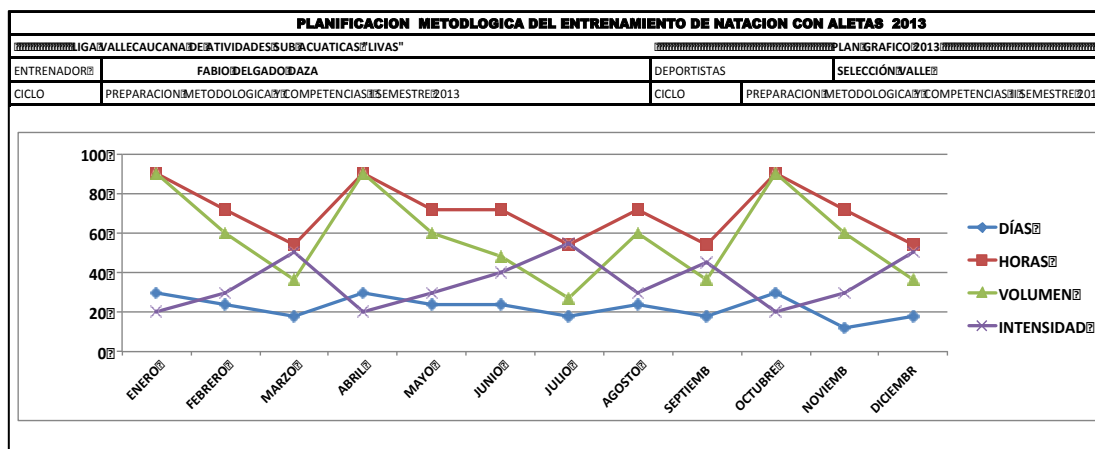
Las sesiones de entrenamiento fueron llevadas a cabo por el entrenador con años de experiencia con los mismos deportistas, con quienes traía una trayectoria exitosa a nivel competitivo tanto nacional como internacional.

El entrenador planificó su ciclo anual, teniendo como referencia las fechas de las principales competencias a mitad de año, World Games (Julio) y los campeonatos nacionales en los meses de Julio y Noviembre. De tal forma que dividió el trabajo en dos periodos (macrociclo), el periodo 1 desde Febrero a Julio y el periodo 2 desde Agosto a Diciembre del 2013. Cada uno de estos macrociclos lo dividió en cinco mesociclos, que correspondían a un mes calendario y cada mesociclo tuvo en promedio de cuatro semanas de duración. La sesión de entrenamiento diaria se alternaba en una o dos jornadas, una en agua y la otra en tierra.

Al inicio del año, periodo 1, el plan de entrenamiento manejó un volumen promedio de 7000 metros de natación con monoaleta, buscando un mayor estímulo en la vía aeróbica, con una intensidad del 70%, de la mejor velocidad de nado registrada en el último campeonato nacional del año inmediatamente anterior, luego a mediados de Abril se fue incrementando la intensidad, al tiempo, que el volumen se fue reduciendo; a inicio del mes de Julio terminó el macrociclo con altas intensidades, buscando mayor estímulo en las fibras tipo II A y II B (vía anaeróbica láctica y aláctica).

Similar comportamiento se siguió en el periodo 2 como preparación al Campeonato Nacional a realizarse en el mes de Diciembre.

Figura 13. Planificación Metodológica del entrenamiento.



Fuente: Tomada del plan de entrenamiento del Profesor Fabio Delgado D. Año 2013.

Las sesiones de entrenamientos a los cuales estuvieron sometidos los participantes, durante todo el año 2013, incluyeron entrenamientos acuáticos (piscina) y en tierra: los acuáticos, se realizaron en piscina de 50 metros que cumplía con la reglamentación técnica, tuvieron una duración del 70%, en tanto que el resto del tiempo (30%) se realizó en gimnasio y en pista de atletismo.

5.5.1 Entrenamientos en agua

Las sesiones de entrenamientos presentaron una duración total en promedio de 90 a 120 minutos en las horas de las mañanas y de 60 minutos en las horas de la tarde desde el lunes hasta el viernes (en doble jornada), en tanto que el día sábado sólo se entrenó 90 minutos durante las mañanas.

El protocolo de entrenamiento acuático consistió en nadar con bi-aleta y con monoaleta distancias entre 4000 y 7000 metros. La intensidad y el volumen de entrenamiento se ajustó de acuerdo al objetivo que se tuviera en cada entrenamiento, en general se siguió el esquema que se muestra en la Figura 13

(plan de entrenamiento de intensidades y volúmenes) con el cual el lactato osciló entre 6 a 14 mM/L (controlada por medio de un cronometro para medir los tiempos y ocasionalmente por lactato obtenido de sangre capilar)

Este esquema del plan de entrenamiento se basó en la clasificación de cargas de entrenamiento por áreas funcionales según los niveles de lactato de Maglischo y cols., mencionada anteriormente, utilizando principalmente las zonas I a la III en forma alterna; entrenamiento en zona anaeróbica aláctico y lactacidémica.

Figura 14. Ejemplo del Plan de trabajo en agua.

CALENTAMIENTO	1000 MARIPOSA	CALENTAMIENTO	1000 MARIPOSA	CALENTAMIENTO	1000 MARIPOSA
EJERCICIOS	1000 TANQUEZOROLO	EJERCICIOS	1000 TANQUEZOROLO	EJERCICIOS	1000 TANQUEZOROLO
3X8X100	2400 75DURO-35BUAVE	3X(4X100+400)	2400 AL85%	ESCALERA	2400 AL85%
3X500BIALETA	1500 BIALETASEROLL	ENTREB SERIES	1500 BIALETASEROLL	ENTREB SERIES	1500 BIALETASEROLL
	1500 BIALETASEROLL		1500 BIALETASEROLL		1500 BIALETASEROLL
	7400		7400		7400

Fuente: Tomada del plan de entrenamiento del Profesor Fabio Delgado D. Año 2013.

Este esquema de entrenamiento tuvo por lo tanto carácter ondulatorio entre la intensidad y el volumen del entrenamiento que se siguió a lo largo del año 2013.

Los deportistas durante los dos periodos de entrenamiento asistieron además a competencias internacionales (World Games (Cali) y Campeonato Mundial (Rusia) en el periodo 1 y a dos competencias nacionales, Campeonato Interclubes (Popayán) y Campeonato Nacional 2013, en el periodo 2.

5.5.2 Entrenamientos en tierra

Este consistió en entrenamiento de la capacidad aeróbica en pista de atletismo y trabajo de fuerza-potencia en el gimnasio. (Figura 15)

El trabajo en el gimnasio fue general, estimulando la cualidad específica de fuerza en el que el compromiso muscular era extenso, pero inespecífico; Además se entrenó la cualidad potencia específica, en el que se hacía énfasis en los grupos musculares importantes asociadas al gesto técnico de la natación con monoaleta. En la pista de atletismo se llevó a cabo el trabajo de resistencia aeróbica complementario con entrenamientos continuos entre un 70 a un 90 % del $VO_{2máx}$, los cuales se alternaban con intervalos de alta intensidad (90 a 95% del $VO_{2máx}$.) y de corta duración, para favorecer la actividad de las fibras de contracción rápida (Fibras tipo II A y II B). De la misma forma que en el entrenamiento en agua, en la pista de atletismo se buscó estimular el componente anaeróbico entre las zonas 2 y 3.

El trabajo de fuerza por grandes grupos musculares y trabajo de velocidad estaba asociada a los gestos técnicos de natación con monoaleta y se asimilaban al tiempo de duración de los test de 100 y 200m y de las diez repeticiones de cada test pedagógico.

Figura 15. Planificación semanal del trabajo realizado en tierra y agua

	7500	6500	550	4500	4500		
	(01-06)1/2013	(07-13)1/2013	(14-20)1/2013	(21-28)1/2013	(28-3)2/2013		
	MICROCICLO 1 (01-06)1/2013					MTS/DIA	7500
DIAS	LUNES-GYM	MARTES-AGUA	MIERCOL-GYM	JUEVES-AGUA	VIERNES-GYM	SABADO-AGUA	NOTAS
REGENER	TRX-CORE	1500	TRX-CORE	1500	TRX-CORE	1500	20%
SUBAERO	FLEX-DEPIE	3375	FLEX-DEPIE	3375	FLEX-DEPIE	3375	45%
SUPERA	PLIOMETRIA	1500	PLIOMETRIA	1500	PLIOMETRIA	1500	20%
VO2MAX	PROPICEPCION	600	PROPICEPCION	600	PROPICEPCION	600	8%
RESISTEN	PESAS	225	PESAS	225	PESAS	225	3%
POTENCIA	SPINING	150	SPINING	150	SPINING	150	2%
SPRINT	BANDA	150	BANDA	150	BANDA	150	2%
	FLEXIBILIDAD	7000	FLEXIBILIDAD	7500	FLEXIBILIDAD	7500	22000

Fuente: Tomada del plan de entrenamiento del Profesor Fabio Delgado D. Año 2013.

5.5.3 Lugar de las evaluaciones

Las evaluaciones del presente estudio se realizaron en dos sitios, la fase acuática, Test de lactato de 100 y 200 metros, en las piscinas Alberto Galindo, administradas por Liga del Valle de Actividades Sub-acuáticas, avaladas por la Federación Colombiana de Actividades Sub-acuáticas para competencias nacionales.

La determinación del consumo máximo de oxígeno, VO_{2max} , la antropometría y las valoraciones médicas de los participantes se llevaron a cabo en el laboratorio de fisiología y del rendimiento deportivo de Indervalle que opera en cercanías de las canchas panamericanas del complejo deportivo de la Secretaria Municipal de Cali.

Los sitios de reunión de todo el personal del área bio-médica y participantes fueron las instalaciones de las piscinas Alberto Galindo y las instalaciones de la IU-Escuela Nacional del Deporte, en donde se dieron a conocer la importancia, riesgos-beneficios del estudio, los protocolos de las pruebas y recomendaciones nutricionales, los consentimientos informados y los asentimientos a los menores de edad.

5.5.4 El ensamblaje de las cohortes

La primera cohorte en el periodo 1, se realizó durante la segunda semana de Febrero y en el periodo 2 en la segunda semana del mes de Agosto.

Las variables resultado, objeto de la presente investigación fueron diseñadas y ajustadas al plan de entrenamiento anual, buscando una mayor adherencia a la respuesta biológicas en cada uno de los participantes, de tal forma que se tomaron en Marzo, Junio, Septiembre y Noviembre. El comportamiento del lactato,

el consumo máximo de oxígeno y las medidas antropométricas fueron las variables principales que se tomaron como referencia, debido a su fácil realización, accesibilidad, control y monitoreo idóneo. El lactato nos ubica en el metabolismo anaeróbico, en tanto que el consumo de oxígeno nos relaciona principalmente con la vía aeróbica; las variaciones antropométricas son producto de las sesiones de entrenamiento y la predominancia de la vía energética supra-solicitada.

5.6 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información de las variables a estudio: lactato, test de 100 y 200 metros, $VO_{2\text{máx}}$ y de antropometría se usaron formatos diseñados específicamente (Ver anexos 8, 9 y 10). Los originales fueron archivados de forma ordenada y su consulta sólo estuvo disponible para dos miembros del grupo investigador. El archivo en papel de esta información se mantendrá por cinco años y su manejo se hará según las disposiciones vigentes en la Universidad del Valle. Una vez recolectada la información se realizó una base de datos con Excel, versión 2008, la cual fue revisada por dos personas diferentes. Los datos luego se exportaron en la forma al programa Stata12® con el cual se realizó la edición de la base de datos y el análisis estadístico.

5.7 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Mediante el programa Stata12®, se realizó un análisis exploratorio de los datos, se llevó a cabo un proceso de edición generando variables cuantitativas según fórmulas matemáticas propuestas por el modelo teórico biomédico y generando nuevas variables a partir de la recodificación de las existentes. La descripción de los datos se realizó empleando frecuencias absolutas y relativas para las variables categóricas y medidas de tendencia central y dispersión para las variables continuas. Para la comprobación de los supuestos de normalidad se emplearon pruebas estándar y dado que la distribución de los datos no se ajustó a la distribución teórica se emplearon estadísticas no paramétricas para la comparación de grupos de datos cuando se trataron de comparaciones entre datos independientes se usó la suma de rangos de Wilcoxon y para comparaciones entre datos dependientes la prueba de rangos señalados de Kruskal-Wallis.

5.7.1 Fuentes de sesgos y estrategias adoptadas para su prevención: de selección

Las posibles fuentes de errores sistemáticos en el seguimiento estuvieron asociadas inicialmente al efecto de que los deportistas se sintieran observados, examinados y comparados con sus resultados previos. Sin embargo, por tratarse de un grupo de deportistas de alto rendimiento acostumbrados a contextos altamente competitivos, consideramos que la participación en el estudio no representó un cambio sustancial en su dinámica habitual de trabajo y competencias. Otra posible fuente de sesgo que afrontan los estudios observacionales está relacionada con la variabilidad inter e intra examinadores, sin embargo en el caso del presente estudio las personas evaluadoras fueron las mismas desde el principio hasta el final del 2013. Una ganancia adicional fue que los evaluadores fueron personas con las que los deportistas habían interactuado previamente y estaban familiarizados, lo que facilitó la realización y ejecución de la presente investigación.

Respecto a las posibles fuentes de error relacionadas con el manejo de la información, por la selección de formatos de papel como medio de recolección de información es probable que se presenten errores de digitación en el paso al formato electrónico. Para evitarlo se realizaron chequeos cruzados por dos personas diferentes, quienes verificaron la correspondencia exacta entre lo que estaba escrito en físico y lo que estaba en la base de datos electrónica.

5.7.2 Fuentes de sesgo por el tamaño de la muestra

A los 30 deportistas, potenciales participantes se les invitó a hacer parte del estudio, y se les aplicaron los criterios de inclusión siendo seleccionados 15 en total, ocho hombres y siete mujeres en el periodo 1, se garantizó que todos cumplieran.

Al seleccionar la muestra inicial se corrió el riesgo del número de participantes inferiores al requerido por la muestra estadística, más se revisó que el universo del estudio fuera toda la muestra y la población el mismo universo, ya que son los únicos deportistas de alto rendimiento de la selección Valle que cumplían con todos los criterios de inclusión.

Para el periodo 2 de los quince iniciales, fueron retirados cinco deportistas por los criterios de exclusión, y fueron reemplazados por cinco hombres y dos mujeres que cumplían con los criterios de inclusión.

5.7.3 Fuentes de sesgo por exposición: Asistencia a entrenamientos

La asistencia a los entrenamientos fueron registrados por parte de un funcionario de la liga, que no estaba relacionado con el estudio y se consolidó en un informe mensual, del cual se tomaron los datos para calcular el porcentaje de asistencia semanal y mensual y se percató que fuera superior a un 60% de asistencia mensual.

5.7.4 Fuentes de sesgo por la toma de lactato: Recomendaciones pre-test

Las recomendaciones pre-test fueron chequeados por el examinador en forma verbal antes de la ejecución de los test de 100 y 200 metros, asegurando la exclusión de factores potencialmente perturbadores del comportamiento del lactato. (Ingesta de licores, medicamentos, amino-ácidos y sustancias estimulantes del sistema nervioso central y/o prohibidas por la WADA-Agencia Mundial Anti Dopaje, por sus siglas en ingles).

5.7.5 Recomendaciones durante el test

El tiempo de registro de cada recorrido durante las diez repeticiones y el tiempo de pausa de cada uno de los test fue cronometrado en forma manual y sistemática por el entrenador y se corroboró por dos auxiliares permanentes y entrenados en

el uso del cronometro, garantizando unificación del registro. La toma del lactato siempre fue realizada con las mismas recomendaciones técnicas del fabricante del equipo y por la misma persona, el investigador principal, quien fue el responsable del procesamiento y resultado de la muestra.

5.7.6 Fuentes de sesgo por registro de tiempos y concentración de lactato

Los datos de los tiempos y registros de las pausas fueron consignados en los formatos en físico durante la realización de los test por un auxiliar entrenado. La lectura de las concentraciones de lactato fueron medidas por el investigador principal, para lo cual se realizó capacitación en el uso del equipo Yellow Spring 1500. Dichas lecturas fueron copiadas en formato físico, luego la transcripción de estas concentraciones fueron recopiladas en la base de datos en el paquete estadístico Excel, versión 2008. (Ver anexos 9 y 10)

5.7.7 Fuentes de sesgo por medición del $VO_{2MÁX}$

Para disminuir los potenciales riesgos en la medición del consumo de oxígeno, se chequeo en forma verbal que los deportistas hubiesen cumplido con las recomendaciones escritas previamente a la realización de la ergo-espirometría. El equipo de medición del consumo de oxígeno, K4B2, exige calibración antes de ser utilizado en cada ocasión, se puede verificar en la hoja de vida del equipo. Se realizaron todos los requisitos protocolizados para todos los deportistas evaluados y los incrementos de velocidad en el tapete rodante fueron los mismos en todas las mediciones. Los datos arrojados por el programa del equipo K4B2, fueron transcritos por el investigador principal, en el formato de recolección de datos especialmente construido para tal fin en Excel, versión 2008, y luego transcritos en el paquete estadístico STATA 12 para su respectivo análisis estadístico. (Ver anexos 8)

5.7.8 Fuentes de sesgo por la realización de las medidas antropométricas

La evaluación de las medidas antropométricas fueron realizadas por el mismo evaluador, quien utilizó los mismos equipos, previamente calibrados, luego estas mediciones fueron escritas en físico en un formato predeterminado para tal fin. Posteriormente fueron consignados en un paquete estadístico Excel, versión 2008, para luego ser transcritos al formato de STATA 12 en presentación “long”.

5.7.9 Fuentes de sesgo de seguimiento

La fuente de errores de seguimiento fueron asociadas inicialmente al efecto de que los deportistas se sintieran chequeados, examinados y comparados con sus resultados previos. Luego los sesgos se pudieron presentar en los examinadores que pudieron ser otras personas diferentes de las iniciales, que en el caso del presente estudio fueron las mismas desde el principio hasta el final del 2013 y por último la interacción de los deportistas examinados y los observadores siendo las mismas personas, que facilitaron la realización y ejecución de la presente investigación, por la familiaridad y la confianza de los participantes depositada en los observadores. (interacción del observado-observador).

Una fuente de error del seguimiento durante el año de entrenamiento 2013, estaría asociada con la transcripción de los datos en físico a los paquetes estadísticos, para lo cual se realizaron chequeos cruzados por dos personas diferentes, y verificaron que lo que estaba escrito en físico correspondía con lo que estaba en el paquete estadístico. (Verificación de errores de digitación).

Otra potencial fuente de error fueron las no observaciones de sesgo de exposición, descritas anteriormente, desarrolladas a medidas que transcurría el año, para lo cual se realizó una lista de chequeo de que las actividades no fueran olvidadas en la ejecución de todas las actividades.

Los criterios de inclusión de los nuevos participantes, en reemplazo de los deportistas que no cumplieron y fueron retirados del estudio, procedieron a ser revisados cuidadosamente por parte del entrenador, de los investigadores principales y por parte del asesor de bioestadística, asegurándose que cumplieran los criterios de inclusión al estudio, evitando disminuir los potenciales riesgos fuente de error.

5.8 NORMATIVIDAD ÉTICA

Este estudio fue avalado por el Comité de Ética Humana de la Universidad del Valle acta No. 05-013 del año 2013. Todos los deportistas y acudientes o representantes legales de los deportistas dieron su consentimiento informado por escrito antes del inicio del estudio (Anexo 4). El estudio cumplió con las disposiciones de la Declaración de Helsinki, las normas científicas técnicas y administrativas para la investigación en salud contempladas en la “Resolución 8430 de 1993” del Ministerio de Salud.

La descripción de los procedimientos metodológicos, resultados, discusión y conclusiones correspondientes a cada uno de los objetivos se continúan de la siguiente forma:

- Evaluación del comportamiento del Lactato
- Evaluación del comportamiento del Consumo Máximo de Oxígeno
- Evaluación del comportamiento de las variables antropométricas.

6 PROCEDIMIENTOS

El plan de análisis se inició con la descripción de los cambios de cada una de las variables de exposición objeto de la investigación, lactato y consumo de oxígeno tomadas en Marzo, Junio, Septiembre y Noviembre del año 2013. Igual procedimiento se realizó a las variables antropométricas: porcentaje graso y de masa muscular. Luego se exploró si existió o no relación alguna entre los cambios del $VO_{2\text{máx}}$ y los porcentajes corporales de grasa y musculares tomados en los mismos meses.

6.1 PROTOCOLOS DE LA TOMA DE LACTATO EN TESTS DE 100 Y 200M

6.1.1 Preparación y recomendaciones previas a la realización del test

- En la noche previa a la realización del test, la dieta fue rica en carbohidrato, con proteína acorde a las recomendaciones nutricionales.
- Reposo de actividad física vigorosa y de entrenos, como mínimo en las 36 horas previas a los tests.
- Buenos hábitos de vida en las últimas 36 horas, se acostaron temprano a dormir, evitaron ver televisión por periodos prolongados de tiempo.
- Se evitó bebidas alcohólicas durante la última semana.
- Se evitó ingesta de bebidas energizantes o estimulantes.
- Se prohibido ingerir sustancias dopantes, analgésicos opioides y otras sustancias psicoactivas.
- Evitaron transfusiones sanguíneas, o productos derivados de la sangre.
- No consumieron vitaminas, proteínas o aminoácidos de cadena ramificada sin autorización del médico, o por fuera del protocolo de investigación.
- En caso de no poder realizar el test en la fecha indicada, se reprogramo dentro de la misma semana de entrenamiento, acorde a disponibilidad del plan de preparación y del espacio físico de la piscina Alberto Galindo.

6.1.2 Recomendaciones para el día del test

- El desayuno de los deportistas fue mínimo hora y media antes del inicio de las pruebas de lactato, acorde a las recomendaciones nutricionales.
- El test de lactato se programó mínimo con una semana de antelación y se socializó a los deportistas el día y la hora de ejecución de la prueba.
- Las principales inquietudes se resolvieron a medida que se fue explicando el test, tales como el objetivo, la importancia, los beneficios y riesgos de la ejecución y manejo de las posibles complicaciones.
- Los deportistas ingresaron a las instalaciones de la piscina Alberto Galindo, en la hora citada, en compañía del entrenador, quien estuvo presente durante la valoración.
- El investigador veló por el cumplimiento de los pre-requisitos de reposo nocturno, adecuada ingesta de alimentos y de recarga de carbohidratos.
- El investigador verificó estado de salud y disponibilidad biomédica para la realización del test por parte de los deportistas.

6.1.3 Calentamiento

- El calentamiento se llevó a cabo dentro de la piscina según indicaciones del auxiliar de la prueba, acorde a instrucciones precisas impartidas por el entrenador de la selección deportiva; en promedio se nadó 500 a 600 metros en natación clásica en estilo libre dentro de una zona 1 o zona regenerativa según el concepto de las áreas funcionales propuesto por Maglischo y cols.
- Luego por fuera de la piscina, se llevó a cabo los estiramientos mio-tendinosos en forma activa, progresiva y gradual de grandes grupos musculares a medianos, que intervinieron principalmente en la ejecución del test.
- Activación de los principales gestos técnicos en tierra, simulando los movimientos dentro del agua durante la fase de natación con la monoaleta.

- Todos estos ejercicios de calistenia con una duración aproximada de quince minutos, fueron dirigidos por auxiliar del laboratorio, licenciado en educación física.
- Esta calistenia se realizó en forma gradual por grupos de tres personas.
- Se verificó que tuviesen adecuada indumentaria de entreno, los equipamientos para natación con monoaleta y adecuada hidratación durante la realización de la prueba.
- Cuando las condiciones climáticas lo requirieron se alisto parasoles o paraguas grandes para su respectiva utilización, buscando de tal forma la realización segura y eficiente de la toma de lactato, evitando contacto de la toma de la muestra sanguínea con el agua.
- En caso de sospecha de tormenta eléctrica cercana a la piscina se suspendió la prueba y se dio un tiempo de espera razonable para reiniciar las pruebas toda vez que cese el riesgo de la tormenta eléctrica. Si se prolongó la lluvia por tiempo mayor de una hora se reprogramaron las pruebas para otro día (máximo hasta una semana después de la programación inicial).
- En caso de ausencia de uno o más deportistas ya sea por enfermedad, incapacidad médica o de fuerza mayor para la prueba, se reprogramaron para otro día, preferiblemente durante el transcurso de la semana.
- La prueba se iniciaron cuando los deportistas hubieran entendido a cabalidad las condiciones y sugerencias que se les pide mantener durante la misma.
- En el formato especial para la recolección de la información del test, se registró también las situaciones que pudieron llegar a afectar el desempeño y los buenos logros de la prueba, tales como la presencia de ráfagas de viento de altas velocidades, que pudieron llegar a crear oleajes en la piscina, o si existió presencia de otros nadadores dentro de la piscina que pudieran crear oleaje que perturbara el buen desempeño de los participantes del presente estudio. Otras situaciones que se pudieron llegar a presentar son la caída de la monoaleta, que se deteriore y se rompiera el caucho del visor de las gafas,

situaciones que requirieron suspender la prueba y reiniciarla una vez fuera subsanado el impase.

6.2 TÉCNICA DE TOMA DE LACTATO

Metodología de la toma de lactato.

- Una vez los deportistas terminaron el calentamiento, se iniciaron en tandas de tres deportistas hasta terminar con todos los citados. Se les aplicó la crema ruborizante e hiperemiante, preferiblemente FINALGON, o su equivalente nacional de Capsaicina al 0.025%, en el lóbulo inferior de la oreja derecha, primero en la cara anterior del lóbulo y luego en cara posterior, según la metodología escrita por la casa farmacéutica.
- Los materiales que se utilizaron en la toma de lactato fueron guantes desechables, capilares, gasas, toallas desechables, lancetas, formato de recolección de datos, cronómetros y útiles de oficina (lapicero, corrector de lapicero, etc.)
- Se les pidió a los deportistas caminar y hacer una activación mínima de los grupos musculares de los miembros inferiores, dando tiempo a que la crema aplicada en su lóbulo empezara a causar los efectos deseados de hiperemia, producto del incremento de la irrigación sanguínea y de aumento de la temperatura local de la oreja. En caso de estar expuestos a sol intenso se les pidió resguardarse de los rayos directos del sol y conservar una adecuada y constante hidratación con bebida con electrolitos y carbohidratos.
- Se diligenció el formato individual, se anotó la fecha, código personal de cada deportista, edad, registro de su mejor tiempo de competencia en la misma distancia en la que se valoró en el último campeonato nacional; además se anotó el porcentaje del esfuerzo físico en escala de uno a diez, siendo uno un mínimo esfuerzo y diez el máximo esfuerzo percibido durante la realización de la prueba.

- En el mismo formato, se registró los tiempos registrados en cada una de las series, la frecuencia cardíaca y se determinó la concentración del lactato de acuerdo a la metodología del equipo Yellow Spring 1500. De igual forma se escribió las observaciones que tuvieron lugar durante cada una de las etapas de la prueba, presencia de calambres, cambio de monoaleta, tipo o cambio de respiración, sensaciones físicas percibidas por el deportista valorado, o cualquier otra observación que fuese percibida durante la ejecución del test. (Ver anexo 9 y 10)
- Las observaciones pertinentes detectadas durante la prueba se anotaron en la ficha individual, dejando constancia de situaciones externas, que pudieron de una u otra forma incidir en los resultados de la misma.
- Para una mejor atención durante la prueba y para mejorar la metodología, se inicio con dos deportistas mientras el tercero espero a que los dos primeros terminen la primera repetición; la segunda repetición todos los tres iniciaron al mismo tiempo, de tal modo que a dos se le tomó lactato en forma casi simultaneo y el tercero se tomó en forma alterna en la tercera, quinta, séptima, novena y undécima etapa de los test inicialistas.
- La toma de lactato se realizó puncionando el lóbulo de la oreja en la parte en donde se le aplico la crema FINALGON al terminar la segunda, cuarta, sexta, octava y decima repetición en ambos test, 100 y 200 metros,.
- La primera gota de sangre que se extrajo de la muestra no se tomó, sólo la segunda se recogió en los capilares anti-coagulados y con la ayuda de una micro-pipeta se vació en un tubo ependorf que contenía anticoagulante, una sustancia que cause la hemolisis y otra sustancia que detenga la glucolisis.
- Todas las muestras se mantuvieron en una zona de la piscina a la sombra, protegido de vientos, almacenadas en una rejilla de madera, salvaguardadas en una nevera con unas cubetas hielo, que conservó la temperatura fresca (en promedio 18 grado centígrados),
- Los datos de la concentración de lactato y el tiempo realizado en cada repetición de la prueba se escribieron en el formato diseñado para dicho fin,

con el objetivo de poder hallar el porcentaje de intensidad a la que nadaron los atletas y si hubo situaciones que requirieron ser registradas acorde a los criterios tanto del entrenador como del investigador.

- La mayoría de estos procedimientos quedaron registrados en foto y/ en video, en donde se constató que efectivamente las pruebas fueron realizadas de la forma que se programaron y que en caso de modificar alguna situación, se quedara registrada por escrito y en medio fotográfico y/o de video.
- En caso de que el deportista no cumpliera con los criterios de la prueba (conservar la velocidad de natación solicitada), se le pidió al deportista no continuar con la prueba. Se presentaron dos casos en todo el estudio. También fue suspendida la prueba por lluvia, tormenta eléctrica, daño irreparable en los accesorios y equipo de natación con monoaleta.

6.2.1 Metodología específica para la muestra de lactato en piscina

El principal objetivo del estudio fue determinar el comportamiento de las concentraciones de lactato medidos en las cinco tomas consecutivas en la 2ª, 4ª, 6ª, 8ª y 10ª repetición mediante un test de 100m ejecutados a una velocidad pre-determinada, 85% (+/-10%) de la mejor registrada en el último Campeonato Nacional 2012. Las pausas de descanso intra-prueba fueron de dos minutos para el test de 100m y un minuto para el test de 200m.

6.2.2 Terminación del test de lactato – retorno a la calma

- Una vez terminaron todas las repeticiones, se le pidió a cada uno de los evaluados que se recuperara, dentro de la piscina, a una velocidad promedio regenerativa con bi-aletas hasta cubrir una distancia mínima de 500m, que permitió la recuperación físico-atlética y mental.
- La hidratación durante el test y en la recuperación fue indispensable y se vigiló que se cumpliera con este requisito.

- Una vez se termino la recuperación en agua, se ejecutó estiramientos mio-tendinosos, enfatizando grupos musculares participantes del gesto técnico.
- Se aconsejó tomar duchar, vestirse, al mismo tiempo se cercioro de la ingesta del postre rico en carbohidratos, bebida hidratante. Igualmente se supervisó que se abrigaran de la mejor forma posible.
- Después de cada 10 muestras de lactato leídas en el equipo, se calibró de nuevo hasta que se obtuvieran los resultados de la calibración dentro de los límites permitidos del fabricante.
- Una vez se obtuvieron los resultados de cada una de las repeticiones de todos los deportistas evaluados, se transcribieron en una hoja de cálculo (Excel, paquete estadístico) el análisis, gráficas, líneas de tendencia central, promedios, cálculos de las diferentes intensidades, e interpretación de las curvas del comportamiento de este metabolito. Dicho análisis sirvió de soporte para nuestra investigación.

6.3 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de la información de la variable lactato test de 100 y 200 metros, $VO_{2\text{máx}}$ y de antropometría se usaron formatos especialmente diseñados. (Anexos 9 y 10). Para cada una de las variables de estudio, se diseñó una serie de recomendaciones que se les dio a conocer a cada uno de los participantes y se verificó su entendimiento en forma verbal antes de iniciar la ejecución del estudio de cada una de las variables.

Una vez recolectada la información se configuró una base de datos en un paquete estadístico Excel, versión año 2008, en la cual se copió los datos en forma individual y se verificó con doble chequeo por dos diferentes personas, y además se realizó una revisión externa por parte de estudiantes de la universidad del Valle, ajenos al estudio. Los datos se presentaron inicialmente en una versión

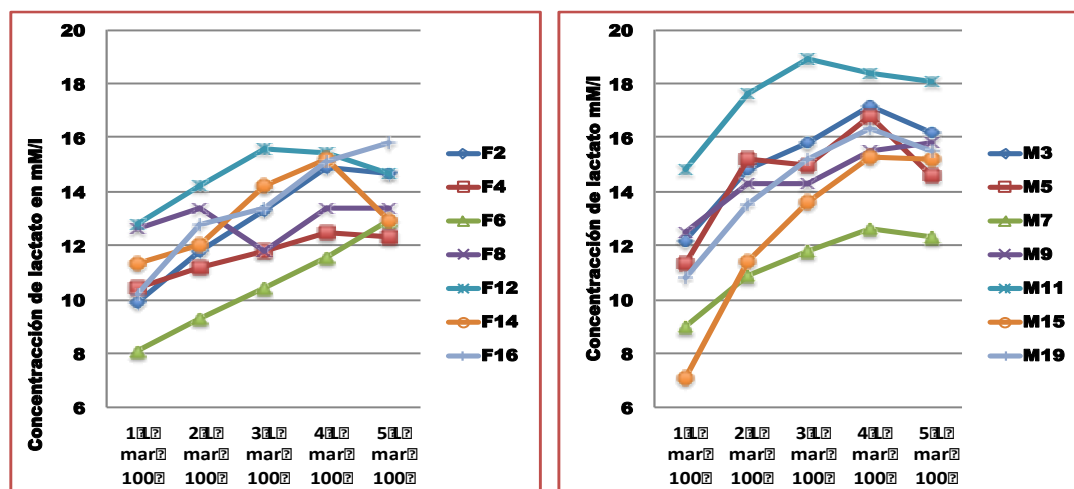
“wide” de Excel, y luego se exportó a la base de datos de STATA en presentación “long”.

7 RESULTADOS

7.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LAS CONCENTRACIONES DE LACTATO

El comportamiento de la concentración del lactato en el test de 100m en el mes de Marzo en forma comparativa entre sexos se puede observar en la siguiente gráfica.

Gráfica 2. Comportamiento del lactato en los dos sexos durante el mes de Marzo del 2013. F: sexo femenino, M: sexo masculino

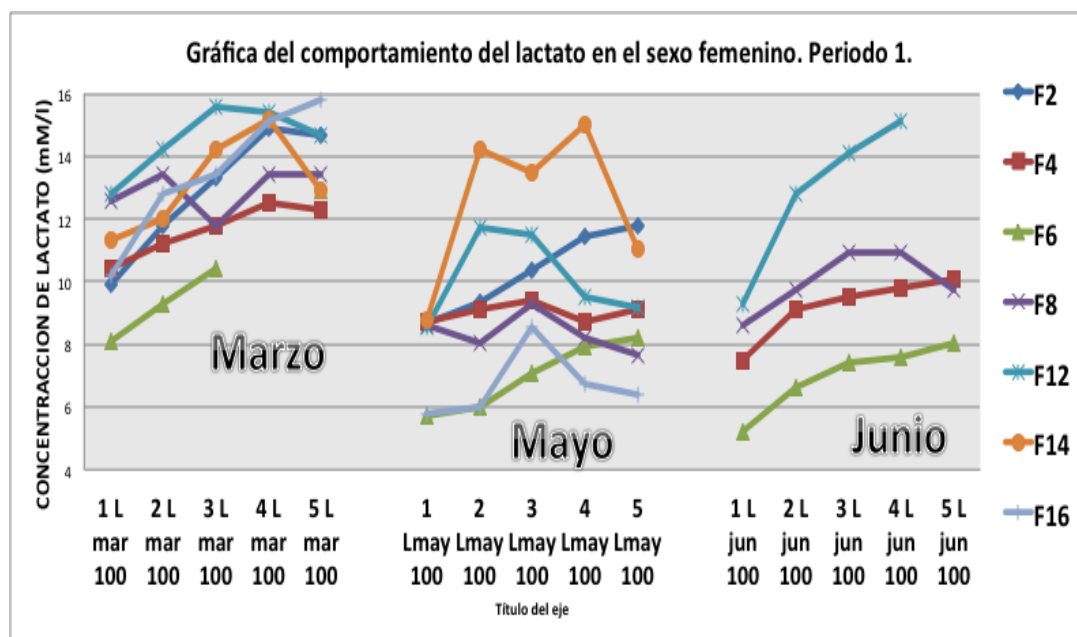


En ella se puede observar que la concentración inicial del lactato entre sexos fue más alta en los hombres y además presento mayor dispersión que en las mujeres. Llama la atención que las curvas, tanto en hombres como en mujeres se aplanaron entre la cuarta y la quinta toma de lactato en este primer mes del estudio.

Al igual que en Marzo, las tomas se realizaron en Mayo y Junio en el periodo1 en ambos sexos. Acá sólo se muestra los resultados comparativos por sexo del mes de Marzo.

En la siguiente gráfica 3, se observa el comportamiento del lactato con el test de 100m para cada deportista del género femenino, en los meses de Marzo, Mayo y Junio.

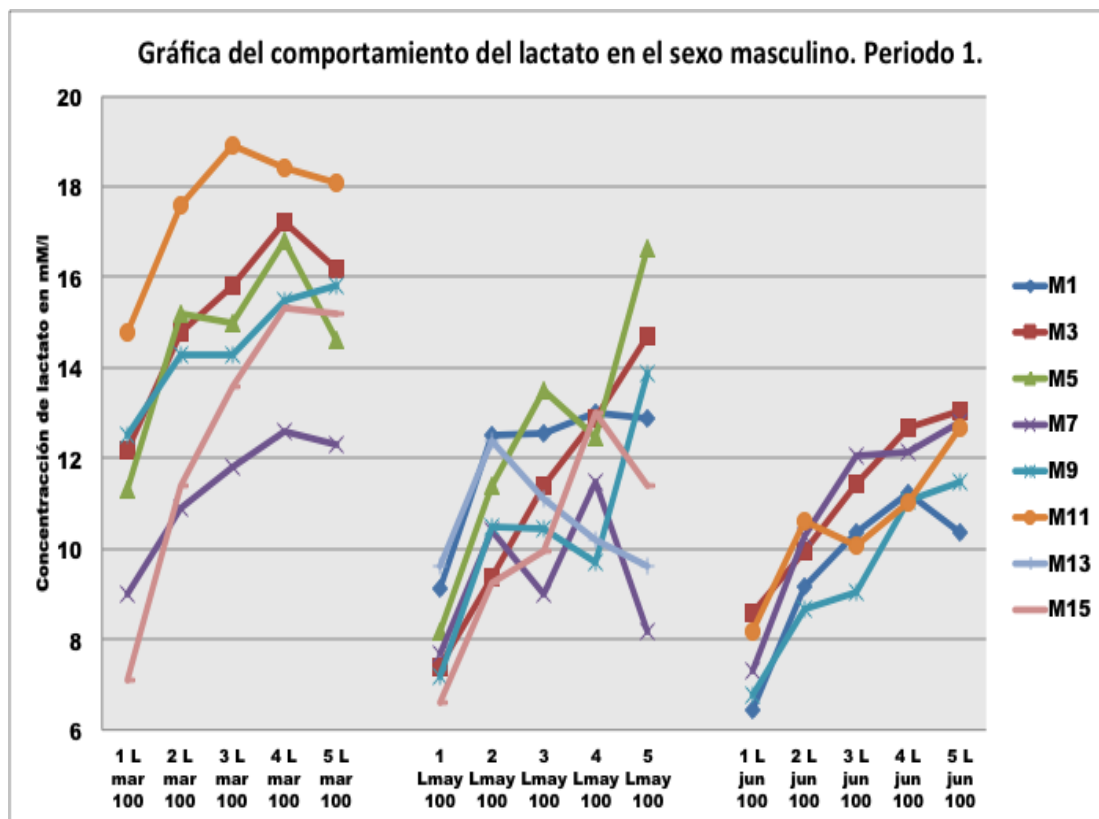
Gráfica 3. Concentración de lactato con test de 100 metros en deportistas del sexo femenino de los meses de Marzo, Mayo y Junio del 2013.



En la gráfica 3 se observó la tendencia de la caída de las curvas de las concentraciones del lactato, específicamente el lactato inicial en el mes de Marzo al compararla con el mes de Junio del 2013.

Al comparar el comportamiento del lactato en el sexo masculino en el periodo 1, llamó la atención la tendencia hacia la reducción del valor de las concentraciones de lactato inicial, desde el mes de Marzo al de Junio con una marcada tendencia hacia la homogeneidad. Igual comportamiento se observó con las demás tomas de lactato en las repeticiones 2^a, 4^a, 6^a, 8^a y 10^a, como se puede apreciar en la gráfica 4.

Gráfica 4. Comparación del comportamiento del lactato para el sexo masculino en el periodo 1 con la prueba de 100m.



7.1.1 Comparación del lactato inicial y de las pendientes para 100m.

Luego del análisis comparativo por sexo de las medianas del lactato inicial, al cual llamaremos de aquí en adelante Lac(Me) y de la mediana de la pendiente, Pendiente(Me), la cual se obtuvo al unir las diferentes tomas por medio de una línea (regresión lineal) entre las concentraciones registradas del periodo 1 (Junio y Marzo) y entre las registradas del periodo 2 (Noviembre y Septiembre), se encontraron los resultados representados de la tabla 1.

Tabla 1. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 100m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.

FEMENINO				
Periodo	1		2	
Mes	Marzo	Junio	Septiembre	Noviembre
n	7	4	6	6
[Lac](Me)	10,4	8,05*	9,7	10,35
Pendiente(Me)	0,64	0,62	0,41	0,58
MASCULINO				
Periodo	1		2	
Mes	Marzo	Junio	Septiembre	Noviembre
n	7	7	9	5
[Lac](Me)	11,3	7,59 *	9,72	9,5
Pendiente(Me)	0,83	1,07	0,91	1,76

Lac(Me): Mediana de la concentración de lactato en primera toma del test.

La pendiente(Me) es la mediana de las pendientes por grupo de deportista según sexo.

*Significancia con prueba K-Wallis: $p < 0,05$.

De las dos tomas (Marzo y Junio) registradas en el periodo 1, se observó que Lac(Me) para ambos sexos disminuyó en la de Junio, para las mujeres descendió de 10,4 a 8,05 y para los hombres descendió de 11,3 a 7,59. Esta diferencia fue significativa para ambos sexos (K-Wallis $p=0,02$ y $0,027$ respectivamente).

En el análisis del periodo 2, el Lac(Me) entre las dos tomas (Septiembre y Noviembre) no se presentó diferencias significativas, en las mujeres sólo hubo un

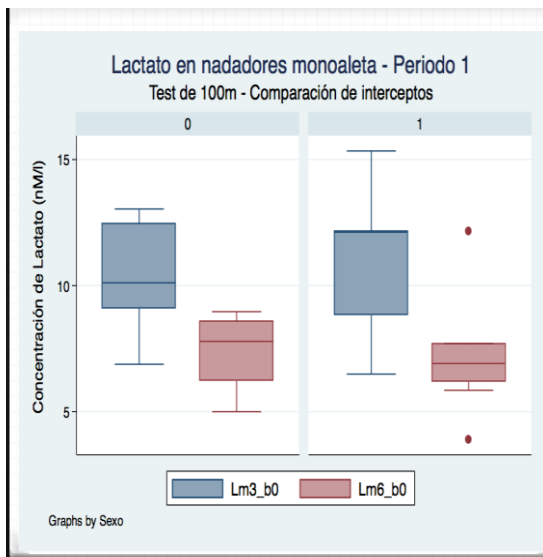
incremento marginal ($p=0,09$), mientras que en los hombres no hubo cambio apreciable.

Con relación a la pendiente no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los dos sexos. Estos cambios del Lac(Me) y de las pendientes(Me) por sexo en cada periodo pueden apreciarse en las gráficas 5A y 5B respectivamente.

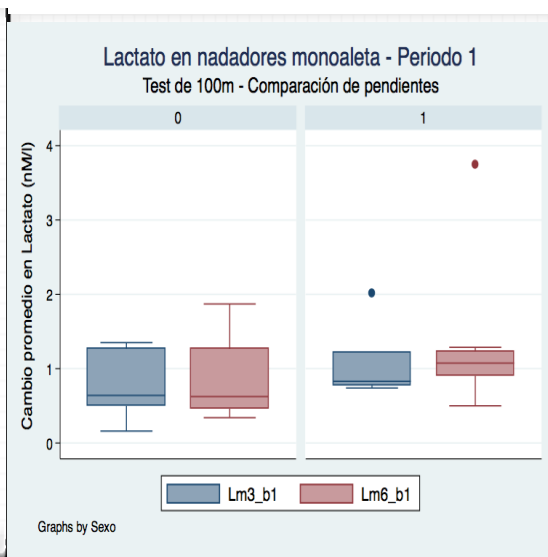
Con respecto al rango inter-cuartílico de cada una de estas variables se observó lo siguiente: en la gráfica 5A, de cajas y bigotes, una disminución de este rango para la Lac(Me) desde Marzo a Junio (periodo 1) para ambos sexos. En el sexo femenino esta disminución fue desde 3,33 a 2,34, mientras, que en el masculino fue 3,31 a 1,47. En la gráfica 5B para este mismo periodo no se observó cambio del rango inter-cuartílico entre las pendientes, en las mujeres fue 0,77 vs 0,80 y en los hombres fue 0,44 vs 0,33.

Gráfica 5. Comparación gráfica del comportamiento del lactato en el Lac(Me) y la mediana de las pendiente en periodo 1 con el test de 100m.

Gráfica 5A



Gráfica 5B



Lac(Me)=Lactato inicial (Intercepto), Pendiente(Me)= Mediana de la pendiente por grupo de deportistas, separadas por sexo. 0= Selección femenina. 1= Selección masculina. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En síntesis en el periodo 1, la Lac(Me) y sus respectivos rangos inter-cuartilicos para el test de 100m, del mes de Junio en ambos sexos descendieron con respecto a sus similares del mes de Marzo, en tanto que las medianas de la pendiente y sus respectivos rangos inter-cuartilicos no presentaron cambio apreciable.

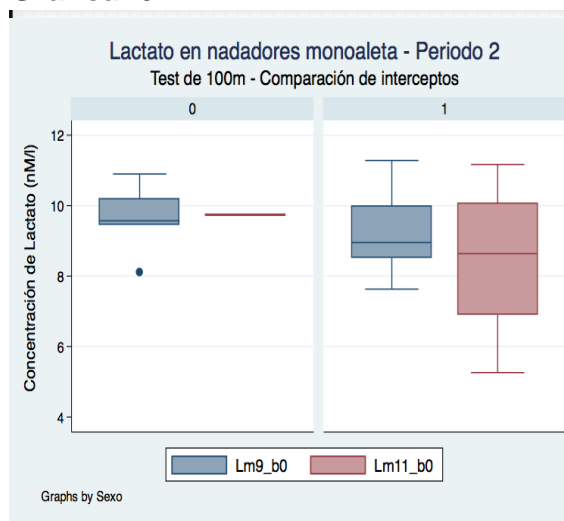
7.1.2 Comparación gráfica del comportamiento del lactato en el Lac(Me) y la mediana de las pendientes en periodo 2.

Al hacer el análisis del rango inter-cuartilico de la Lac(Me) en el periodo 2, en Septiembre y Noviembre se encontró lo siguiente: en la gráficas 6A este rango para las mujeres tuvo un cambio muy pequeño (0,74 y 0,03) aunque en los hombres este cambio fue un poco mayor (1,48 y 3,16)

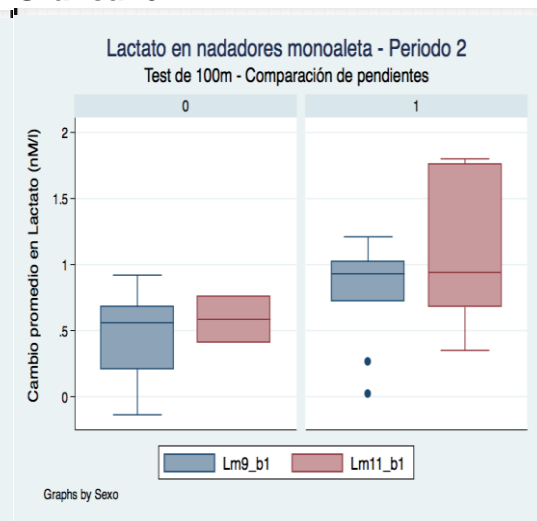
Del rango inter-cuartilico de la mediana de las pendientes representados para los dos sexos en la gráfica 6B se puede deducir que el mayor cambio observado se presentó en el sexo masculino, sin llegar a ser estadísticamente significativo.

Gráfica 6. Comparación gráfica del Lac(Me) y la mediana de las pendientes en periodo 2 con el test de 100m.

Gráfica 6A



Gráfica 6B



Lac(Me)=Lactato inicial (Intercepto), Pendiente(Me)= Mediana de la pendiente por grupo de deportistas, separadas por sexo. 0= Selección femenina. 1= Selección masculina. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En síntesis, las concentraciones de la Lac(Me) y sus respectivos rangos intercuartílicos y de las pendientes(Me) en el test de 100m del periodo 2 no presentaron cambios estadísticamente significativos.

7.1.3 Comparación de la mediana de los deltas del lactato inicial y de los deltas de las pendientes para el test de 100m.

Los deltas se calcularon como la diferencia de los valores de lactato registrados en el momento final (Junio) menos el momento inicial (Marzo) para el periodo 1 y el momento final (Noviembre) menos el momento inicial (Septiembre) para el periodo 2 obtenidos con los deportistas que estuvieron presentes en los dos momentos.

Luego se les calcularon las medianas correspondientes estratificadas por sexo, para cada toma de la 2ª, 4ª, 6ª, 8ª y 10ª toma, cuyo análisis fue: para la mediana del lactato inicial ($\Delta_{\text{Lac}}(\text{Me})$) en el sexo masculino del periodo 1 el valor fue de -3,26 el cual fue significativa al aplicar la prueba de test de rangos apareados de Wilcoxon con una $p=0,046$ (Tabla 2), mientras que en el periodo 2 fue de -1,08. En el sexo femenino durante el periodo 1 fue de -3,2 y cambio a 0,765 en el periodo 2, sin tener significancia estadística en ambos periodos.

Con respecto a la mediana del delta de las pendientes $-\Delta_{\text{pendiente}}(\text{Me})$ - no hubo diferencias significativas por sexo, en el sexo femenino fue 0,125 en el periodo 1 y en el periodo 2 fue 0,2; para el sexo masculino fue 0,301 en el periodo 1 y 0,15 para el periodo 2.

Tabla 2. Comparación delta de Lac(Me) y el delta de la mediana de las pendientes con el test de 100 m estratificados por sexos en los períodos 1 y 2.

Selección femenina.						Selección masculina.					
		positivo	negativo	zero	valor de p			positivo	negativo	zero	valor de p
Delta _[Lac] (Me)	Delta_p1	0	4	0	0,06	Delta _[Lac] (Me)	Delta_p1	1	5	0	0,046*
	Delta_p2	0	2	0	0,17		Delta_p2	2	3	0	0,34
Delta _{pendiente} (Me)	Delta_p1	3	1	0	0,46	Delta _{pendiente} (Me)	Delta_p1	5	1	0	0,11
	Delta_p2	2	0	0	0,17		Delta_p2	3	1	1	0,27

Delta_[Lac](Me): mediana del Delta del lactato inicial; Delta_{pendiente}(Me): mediana del delta de las pendientes. *significancia con la prueba Wilcoxon por rangos apareados, (p<0,05).

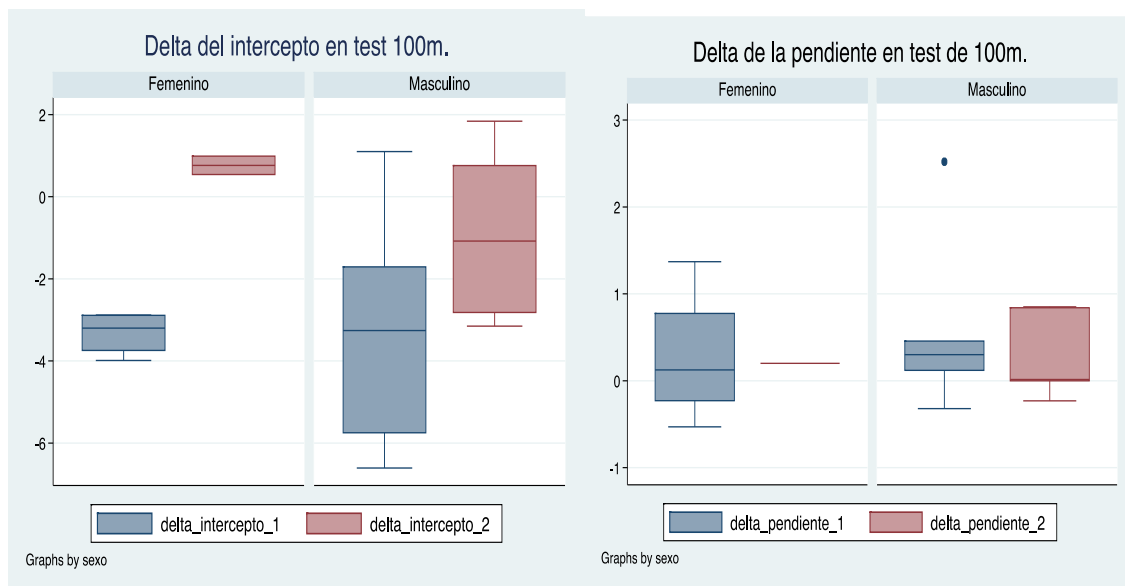
Para apreciar los rangos inter-cuartilicos del Delta_[Lac](Me) y del Delta_{pendiente}(Me) se realizaron las gráficas 7A y 7B. Este rango para el Delta_[Lac](Me) en las mujeres pasó de 0,85 en el periodo 1 a 0,45 en el periodo 2. En el sexo masculino este cambio fue de 4,04 en el periodo 1 a 3,58 en el periodo 2 (gráfica 7A).

En la gráfica 7B el rango inter-cuartilico del Delta_{pendiente}(Me) fue: en el sexo femenino 1,005 en el periodo 1 a 0,84 en el periodo 2, en tanto que en los hombres paso de 0,57 a 0,2.

Gráfica 7. Rangos inter-cuartilicos del Delta del Lac(Me) y de la mediana de las pendientes en el test de 100m.

Gráfica 7A

Gráfica 7B



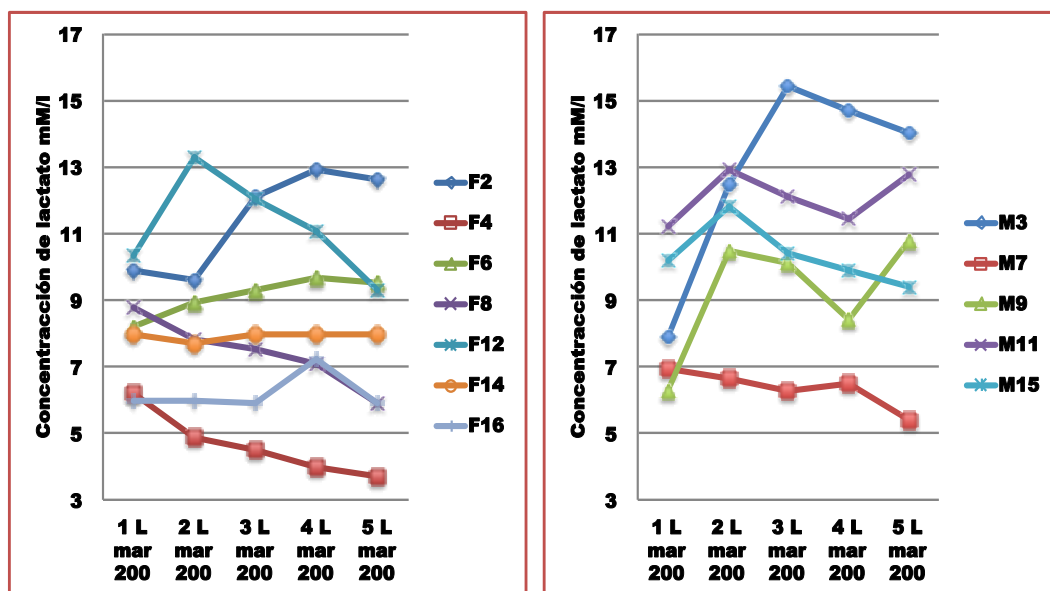
Delta_[Lac](Me): mediana del Delta del lactato inicial, Delta del intercepto; Delta_{pendiente}(Me): mediana del delta de las pendientes. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En síntesis el cambio medido en forma de Delta_[Lac](Me) fue significativo en 6 deportistas del sexo masculino que estuvieron presentes en las dos tomas del periodo 1, aunque los valores de estos deltas estuvieron distribuidos en un rango inter-cuartilico amplio pero similar al segundo periodo.

7.1.4 Comparación del lactato inicial y de las pendientes para el test de 200m

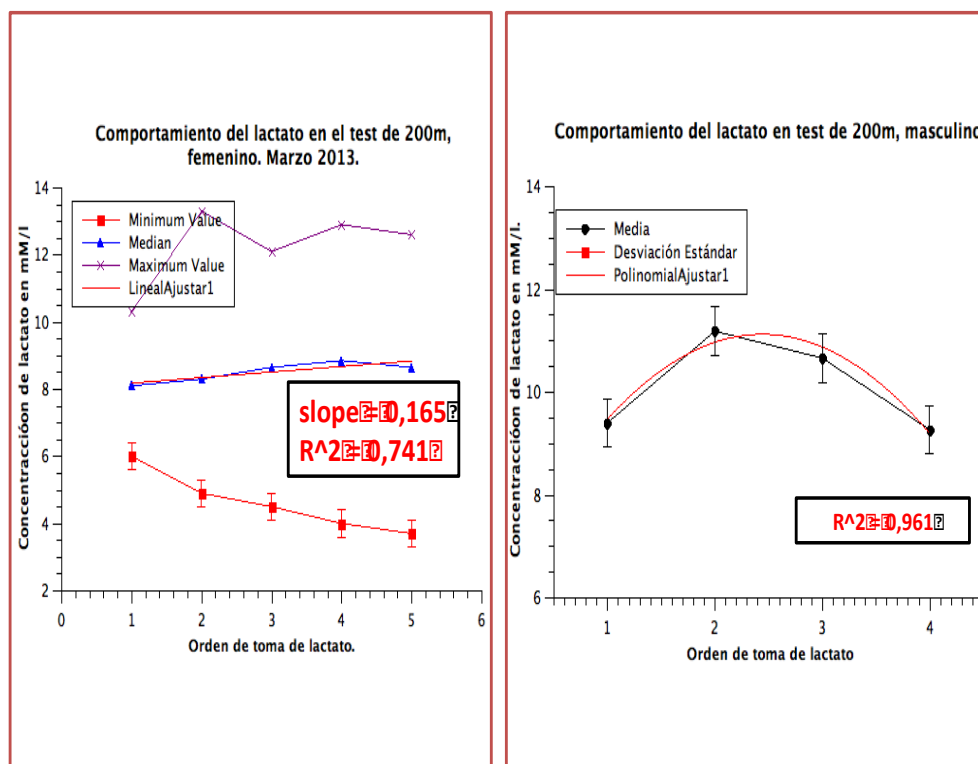
El estudio descriptivo del comportamiento del lactato en el test de 200m en el periodo 1, en ambos sexos fue muy diferente al observado en el test de 100m, la mayoría de los valores del lactato inicial fue en un rango de 6 a 10mM/L en las mujeres mientras que en los hombres estuvo en un rango de 6 mM/L hasta 11 mM/L, como se puede observar en la gráfica 8.

Gráfica 8. Comparativo del comportamiento del lactato en el periodo 1, en test de 200m.



La dispersión de valores del sexo femenino fue amplia en la mayoría de las determinaciones del lactato y no se observa una tendencia clara al aumento, en tanto que en los hombres, se aprecia una ligera tendencia al incremento hacia la segunda toma, en tanto que desde la 2ª hasta la 5ª toma de lactato se observa una tendencia al descenso que se puede ratificar al hacer un ajuste de las medias de dichos valores, como se puede apreciar en la gráfica 9.

Gráfica 9. Ajustes a la mediana en mujeres y a la media en hombres de los valores de la concentración de lactato en el test de 200m.



Al observar la mediana en las mujeres es ligeramente inclinada con una pendiente pequeña (0,165) con mínimo cociente de correlación muy bajo ($R^2=0,741$), en tanto que en los hombres se obtiene una media cuya forma se asemeja a una parábola en *decreciendo*, que por valores observados se ajusta con una función polinomial con un cociente de correlación bueno ($R^2=0,961$)

Las gráficas estratificadas por sexo del comportamiento del lactato en el test de 200m en el periodo 1 y 2 no fueron relevantes en el presente estudio.

Luego del análisis comparativo por sexo de las medianas del lactato inicial Lac(Me) y de la mediana de la pendiente entre las concentraciones registradas del periodo 1 (Junio y Marzo) y entre las registradas del periodo 2 (Noviembre y Septiembre), se ven los resultados de la tabla 3.

Tabla 3. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 200m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.

FEMENINO				
Periodo	1		2	
Mes	Marzo	Junio	Septiembre	Noviembre
n	7	5	6	6
Lac(Me)	8,2	6,87	6,83	6,9
Pendiente(Me)	0,3	0,4	0,26	0,34

MASCULINO.				
Periodo	1		2	
Mes	Marzo	Junio	Septiembre	Noviembre
n	7	6	7	7
Lac(Me)	10,2	7,15	7,74	9,8 ^ψ
Pendiente(Me)	0,33	0,85	0,4	0,02

Lac(Me): Mediana de la concentración de lactato en primera toma del test. La pendiente(Me) es la mediana de las pendientes por grupo de deportistas según sexo. *Significancia con prueba K-Wallis: $p < 0,05$. ^ψ Diferencia marginal.

De las dos tomas (Marzo y Junio) registradas en el periodo 1, se observa que Lac(Me) para ambos sexos disminuyó en la de Junio, para las mujeres bajó de 8,2 a 6,87 y para los hombres descendió aún más, desde 10,2 a 7,15, a pesar del cambio visto, sobretodo en los hombres, esta diferencia no fue significativa para ninguno de los dos sexos. En el análisis del periodo 2, el Lac(Me) entre las dos tomas (Septiembre y Noviembre) presentó una tendencia al incremento, pero con

diferencia marginal en los hombres ($p= 0,06$), estadísticamente no significativa, mientras que en las mujeres no hubo cambios apreciables. Respecto a la pendiente(Me) no se encontraron diferencias significativas para ninguno de los dos sexos. Los cambios del Lac(Me) y de las pendientes(Me) por sexo en cada periodo pueden apreciarse en las gráficas 10A y 10B respectivamente.

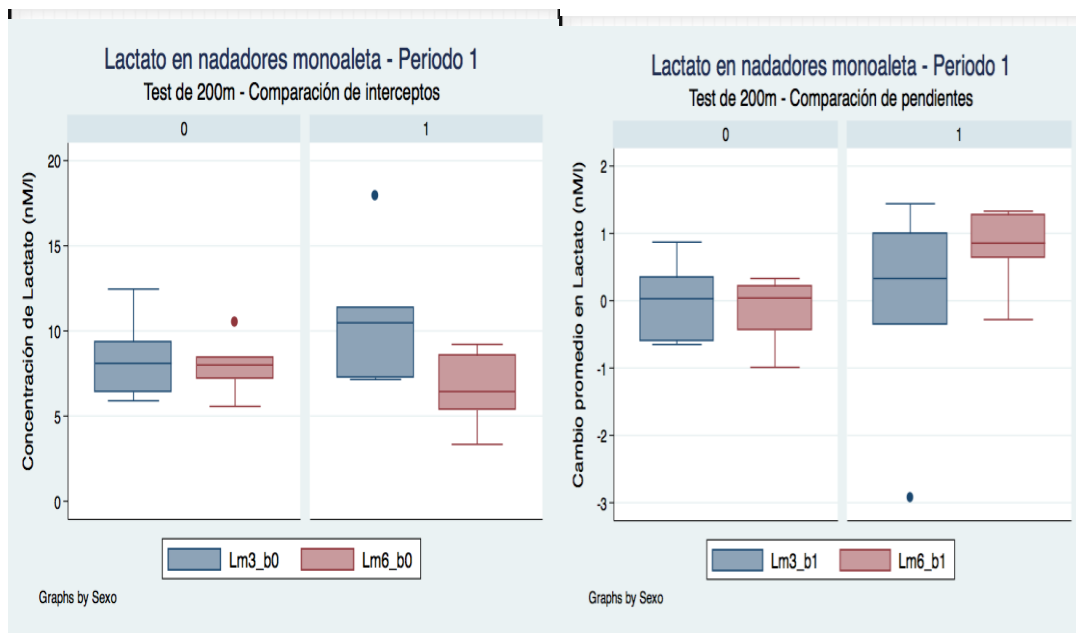
En síntesis, el lactato en el test de 200m en el periodo 1 en ambos sexos, al comparar sus Lac(Me) tiende a la disminución y en el periodo 2 presenta un comportamiento opuesto; la pendiente(Me) no presenta cambios significativos en ningún periodo.

Con respecto al rango inter-cuartilico de cada una de estas variables se observó lo siguiente: en la gráfica 10A, hay una disminución de este rango para la Lac(Me) desde Marzo a Junio (periodo 1) para ambos sexos. En el sexo femenino esta disminución fue desde 2,94 a 1,22, y en el masculino fue de 4,12 a 3,19. En la gráfica 10B para este mismo periodo no se observó cambio del rango inter-cuartilico entre las pendientes, en las mujeres fue 0,93 a 0,63 y en los hombres fue 1,35 a 0,63.

Gráfica 10. Comparación de la mediana del lactato inicial y de la mediana de las pendientes con el test 200m en deportistas estratificados por sexo en los periodos 1 y 2.

Gráfica 10A

Gráfica 10B



Lac(Me)=Lactato inicial (Intercepto), Pendiente(Me)= Mediana de las pendientes por grupo de deportistas, separadas por sexo. 0= Selección femenina. 1= Selección masculina. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

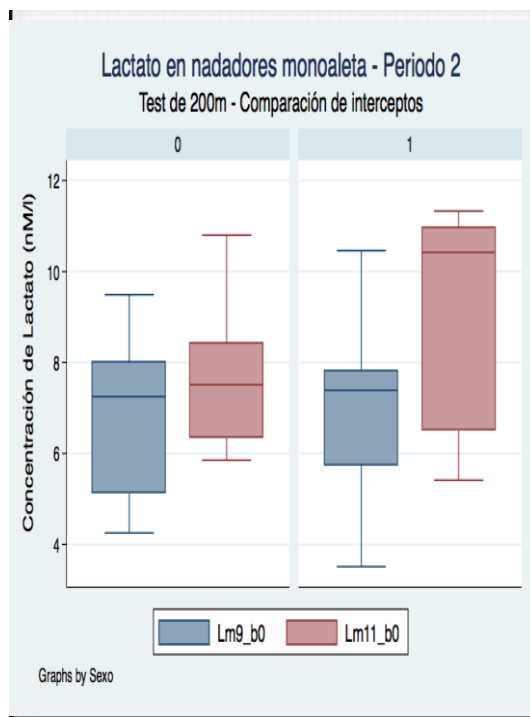
En síntesis, en el periodo 1, la Lac(Me) y sus respectivos rangos inter-cuartilicos para el test de 200m, del mes de Junio en ambos sexos descendieron con respecto a sus similares del mes de Marzo, en tanto, que para la pendiente(Me) y sus respectivos rangos inter-cuartilicos presentaron algún cambio sobretodo en el sexo masculino.

Al hacer el análisis del rango inter-cuartilico de la Lac(Me) en el periodo 2, para Septiembre y Noviembre se encontró lo siguiente: en la gráfica 11A este rango para las mujeres tuvo un cambio muy pequeño (2,87 a 2,09) aunque en los hombres se presentó un mayor cambio (2,06 a 4,45).

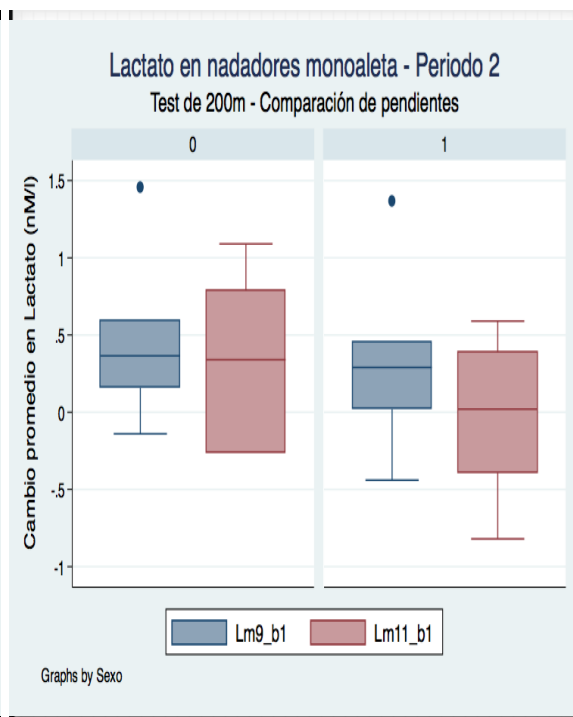
Del rango inter-cuartilico de la pendientes para este mismo periodo, representados para los dos sexos en la gráfica 11B, se puede deducir que hubo un incremento en los dos sexos, para las mujeres (0,43 a 1,05) y para los hombres (0,43 a 0,78).

Gráfica 11. Comparación de la Lac(Me) y de la mediana de las pendientes en el test de 200m en el periodo 2.

Gráfica 11A



Gráfica 11B



Lac(Me)=Lactato inicial (Intercepto), Pendiente(Me)= Mediana de la pendiente por grupo de deportistas, separadas por sexo. 0= Selección femenina. 1= Selección masculina. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En síntesis, en el periodo 2, para el test de 200m, en el sexo femenino la Lac(Me) aumentó pero el rango inter-cuartilico disminuyó de Septiembre a Noviembre, mientras que para el sexo masculino tanto la Lac(Me) como el rango inter-cuartilico aumentaron. En el mismo periodo la pendiente(Me) cambia poco en el sexo femenino, pero en el masculino disminuye mientras que los rangos inter-cuartilicos aumentaron en ambos sexos, ninguno de estos cambios fue significativo.

7.1.4 Comparación de la mediana de los deltas del lactato inicial y de la mediana de los deltas de las pendientes para el test de 200m.

Al igual que para el test de 100m el cálculo de los deltas, en este caso se realizó al restar el momento final menos el momento inicial de cada periodo y solamente se tuvieron en cuenta aquellos deportistas que estuvieron en los dos momentos.

En el análisis de las medianas de los deltas para el ($\Delta_{[Lac]}(Me)$) y las pendientes ($\Delta_{pendiente}(Me)$) calculados, correspondientes a los deportistas que estuvieron presentes en las dos tomas de cada periodo, se encontró significancia al aplicar la prueba de test de rangos apareados de Wilcoxon solamente para el $\Delta_{[Lac]}(Me)$ en el sexo masculino del periodo 2 determinado entre las tomas del periodo 2 cuyo valor fue de 2,38 con una $p < 0,05$, como se aprecia en la tabla 4.

Tabla 4. Comparación del delta de Lac(Me) y el delta de la mediana de las pendientes con el test de 200m estratificados por sexos en los periodos 1 y 2

Selección femenina						Selección masculina					
		positivo	negativo	zero	valor de p			positivo	negativo	zero	valor de p
$\Delta_{[Lac]}(Me)$	Delta_p1	1	4	0	0,138	$\Delta_{[Lac]}(Me)$	Delta_p1	2	2	0	0,465
	Delta_p2	2	3	0	0,89		Delta_p2	5	1	0	0,046*
$\Delta_{pendiente}(Me)$	Delta_p1	3	2	0	0,89	$\Delta_{pendiente}(Me)$	Delta_p1	3	1	0	0,146
	Delta_p2	2	3	0	0,68		Delta_p2	2	4	0	0,24

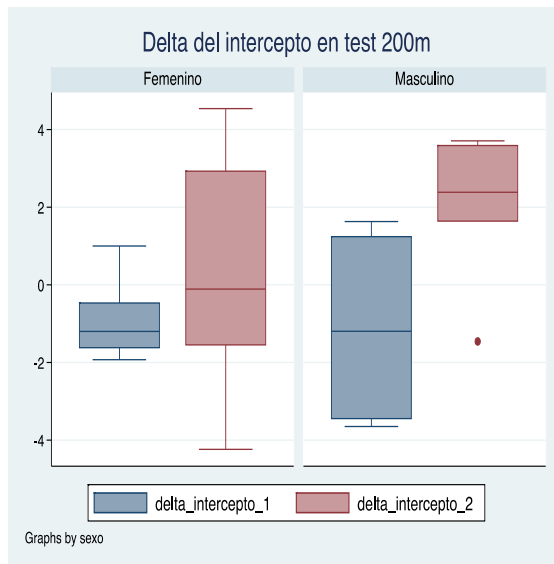
$\Delta_{[Lac]}(Me)$: mediana del Delta del lactato inicial; $\Delta_{pendiente}(Me)$: mediana del delta de las pendientes. *significancia con la prueba Wilcoxon por rangos apareados, ($p < 0,05$).

Para apreciar los $\Delta_{[Lac]}(Me)$ y los rangos inter-cuartilicos correspondientes a los deltas descritos en la tabla 4 se realizaron las gráficas 12A y 12B. El valor de los $\Delta_{[Lac]}(Me)$ en el test de 200m para el sexo femenino fue -1,2 (periodo 1) y -0,11 (periodo 2). Para el sexo masculino fue -1,19 (periodo 1) y 2,38 (periodo 2). El valor $\Delta_{pendiente}(Me)$ fue en el género femenino 0,01 (periodo 1) y de -0,12 (periodo 2) y para el sexo masculino fue 0,795 periodo 1 y -0,49 en el periodo 2.

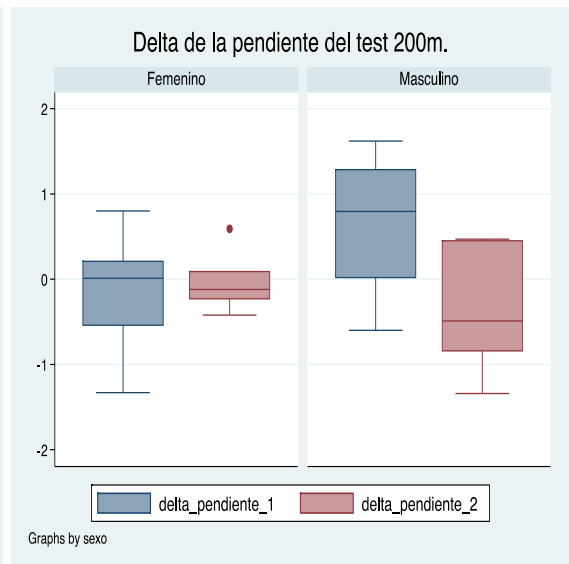
Los rangos inter-cuartilicos en el sexo masculino del $\Delta_{\text{Lac}}(\text{Me})$ en el periodo 2 fueron de 1,95, mientras que el del periodo 1 fue de 4,68. En el sexo femenino este rango cambi3 de 1,15 en el periodo 1 a 4,48 en el periodo 2, Ver gr3fica 12A. El rango inter-cuartilico de la $\Delta_{\text{pendiente}}(\text{Me})$ en el sexo femenino pas3 de 0,75 en periodo 1 a 0,32 en el periodo 2, y en hombres pas3 de 1,30 a 1,29. Gr3fica 12B.

Gr3fica 12. Comparaci3n de los deltas del Lac(Me) y de la mediana de los deltas de la pendiente en el test de 200m

Gr3fica 12A



Gr3fica 12B



$\Delta_{\text{Lac}}(\text{Me})$: mediana del Δ del lactato inicial, Δ del intercepto; $\Delta_{\text{pendiente}}(\text{Me})$: mediana del Δ de las pendientes.
Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En s3ntesis el cambio significativo fue en el $\Delta_{\text{Lac}}(\text{Me})$ para el test de 200m calculado con los valores obtenidos en cinco de seis deportistas del sexo masculino que estuvieron presentes en las dos tomas del periodo 2; el rango inter-cuartilico correspondiente a este periodo fue menor que el del periodo 1. Los cambios de los deltas de la pendiente del test de 200m no presentaron cambios estad3sticamente significativos.

7.2 RESULTADOS DE LA DETERMINACIÓN DEL CONSUMO MÁXIMO DE OXIGENO ($VO_{2MÁX.}$)

7.2.1 Protocolo de la ergo-espirometría.

El comportamiento del $VO_{2máx.}$ fue determinado mediante una prueba ergoespirometrica progresiva durante los meses de Marzo, Junio, Septiembre y Noviembre. Se determinó directamente mediante pruebas de máximo esfuerzo sobre una cinta rodante o banda sinfín, utilizando un equipo K4b2 Mobile Breath Metabolic Sistem w/Telemetry & Integrated GPS incluidas, marca Cosmed, de acuerdo al protocolo de manejo del Colegio Americano de Medicina del Deporte y ajustado a los Lineamientos del Sistema Nacional del Deporte, COLDEPORTES. (In press)

Antes de iniciar las pruebas ergo-espirometricas, se explicó la metodología y las recomendaciones respectivas, cerciorándose de que fueran entendidas por los deportistas. En forma individual se inició con un calentamiento en una bicicleta estática con el que se buscó un estímulo cardiovascular, luego unos estiramientos mio-tendinosos de los principales grupos musculares implicados en la carrera, posteriormente se realizó movilidad osteo-muscular en forma continua.

Se inició el protocolo de la ergo-espirometría a una velocidad de 4,5 millas/h (6 km/h) sobre el banda sinfín, luego se incrementó la velocidad en forma gradual una milla cada tres minutos, de tal forma que el deportista inicio caminando sobre el tapete sinfín, luego trotando y terminó corriendo a su máxima velocidad, hasta llegar a un momento en que cada deportista sentía que no podía continuar corriendo, momento en el cual se registró el pico del $VO_{2máx.}$ Una vez el deportista no pudo continuar corriendo, la velocidad de la cinta rodante se aminoró por protocolo a 4,5 millas/hora para que el participante se recuperara gradualmente.

Durante el test se tuvo en cuenta cualquier alteración del movimiento o síntoma de la función cardiopulmonar para evaluarla y suspender la prueba cuando fuese necesario. En caso de suspender la prueba, la reducción de velocidad de la cinta rodante debió ser gradual, se le pidió al deportista que siga trotando o caminando a una velocidad que pudiera soportar y que le permitiera sentirse cómodo y seguro.

Al tiempo que el deportista estuviera sobre la banda sinfín, el equipo K4b2 también registra otras variables fisiológicas tales como, el pulso de oxígeno, cociente respiratorio, el volumen respiratorio, el metabolismo basal del deportista, la frecuencia cardiaca, la frecuencia respiratoria, el consumo de grasas, entre otros.

Durante los estudios ergo-espirometricos que se realizaron en el laboratorio de Fisiología y del Esfuerzo físico de Indervalle, se contó con la presencia de un Desfibrilador Heartstart Onsite DEA/AED: Marca PHILIPS, modelo M5066A, en caso de una urgencia médica presentada durante la realización de la prueba de esfuerzo, ya sea una alteración severa del ritmo cardiaco que se dispare durante el esfuerzo físico o un síncope vaso-vagal.

La realización de la prueba de esfuerzo físico contó con la presencia del médico, y de una mesa de paro que estuvo dotado con los medicamentos requeridos para manejo de este tipo de situaciones.

7.2.2 Recolección de información.

Para la recolección de la información $VO_{2\text{máx}}$ se usaron formatos especialmente diseñados. (Ver anexo 8). Para cada una de las variables de estudio, se diseñó una serie de recomendaciones que se les dio a conocer a cada uno de los participantes y se verificó su entendimiento en forma verbal antes de iniciar la ejecución del estudio de cada una de las variables.

Una vez recolectada la información se configuró una base de datos en un paquete estadístico Excel, versión año 2008, en la cual se copiaron los datos en forma individual y se verificó con doble chequeo por dos diferentes personas, y además se realizó una revisión externa por parte de estudiantes de la universidad ajenos al estudio.

Los datos se presentaron inicialmente en una versión “wide” de Excel, y luego se exportó a la base de datos de STATA en presentación “long”.

7.2.3 Análisis descriptivo del Consumo Máximo de Oxígeno ($VO_{2\text{máx}}$)

Tabla 5. Consumo máximo de oxígeno. Marzo de 2013

Femenino		Masculino	
Código	$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)	Código	$VO_{2\text{máx}}$ (ml/kg/min)
F2	50,56	M3	52,31
F4	44,07	M5	43,94
F6	41,19	M7	52,42
F8	62,15	M9	58,01
F12	56,32	M11	56,62
F14	58,02	M13	61,06
F16	54,68	M15	47,42
		M17	46,49
promedio	52,43	promedio	52,28
desv. estándar	7,59	desv. estándar	6,04

F= Deportistas del sexo femenino, M=Deportistas masculinos.

$VO_{2\text{máx}}$ = Consumo Máximo de Oxígeno.

El Consumo máximo de oxígeno relativo ($VO_{2\text{máx}}$ relativo) fue similar en ambos sexos (para el sexo femenino 54,68 ml/kg/min y para el masculino 52,36 ml/kg/min).

Al comparar, los valores obtenidos en el presente estudio, con los datos reportados en natación carreras, deporte que, por sitio de entrenamiento, por sus sesiones y las cargas con su volumen e intensidades respectivas, por fisiológica y bioquímica presenta comportamiento muy similar a natación con monoaleta, observamos que la literatura reporta un $\text{VO}_{2\text{máx}}$ entre rangos de 56 a 60 ml/kg/min para las mujeres en tanto que para los hombres es 60 a 70 ml/kg/min, lo cual sitúa los valores detectados en el presente estudio en valores cercanos a los inferiores. Si se revisa otros deportes de prestación cíclica como ciclismo y atletismo, se aprecia que los deportistas del presente estudio se encuentran en los límites inferiores, probablemente por el grado de exigencia más bajo y menos prolongado en las sesiones de los entrenamientos comparados con estos deportes.

Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) relativo.

Tabla 6. Comparación del Consumo Máximo de Oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) relativo por sexo en cada periodo.

Selección femenina						Selección masculina					
Periodo 1	mes	Mediana	min	max	# participantes	Periodo 1	mes	Mediana	min	max	# participantes
	Marzo	54,68	41,19	62,15	7		Marzo	52,36	43,49	61,06	8
	Junio	68,63*	49,19	70,22	6		Junio	51,74	46,38	59,26	8
Periodo 2						Periodo 2					
	Septiembre	57,44	50,5	62,48	6		Septiembre	56,97	51,03	70,43	7
	Noviembre	60,58	48,54	66,49	6		Noviembre	60,15*	55,11	73,83	7
*Estadísticamente significativo por Prueba de Wilcoxon Signed-rank Test (p<0,05).											

Durante el periodo 1 el $VO_{2\text{máx}}$ relativo determinado en el sexo femenino muestra un incremento significativo desde Marzo a Junio (prueba Wilcoxon, $p<0,05$); que correspondió aproximadamente a un 25% del valor inicial (14 ml/kg/min) y con un número similar de participantes en los dos momentos. Al revisar los rangos mínimos y máximos se observa que el incremento mayor fue a expensas del rango superior de casi 8 ml/kg/min; para el mismo sexo en el periodo 2, el incremento fue de 3 ml/kg/min (5% del valor inicial) sin significancia estadística.

La mediana del $VO_{2\text{máx}}$ relativo en el sexo masculino del periodo 2 tuvo un aumento del 6% del valor inicial correspondiente (4 ml/kg/min) el cual fue estadísticamente significativo ($p<0,05$) y estuvo presente con igual número de participantes (7) en los dos momentos. Igual comportamiento presentaron los rangos mínimos y máximos del $VO_{2\text{máx}}$ en el periodo 2.

7.2.4 Comparación de la mediana de los deltas del $VO_{2\text{máx}}$ relativo

Tabla 7. Comparación de la mediana del delta del $VO_{2\text{máx}}$ relativo por periodos y sexos.

		Deltas en $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$			
		positivo	negativo	zero	valor de p
Femenino	Delta_p1	6	0	0	0,02*
	Delta_p2	4	0	0	0,06
Masculino	Delta_p1	5	2	0	0,61
	Delta_p2	6	0	0	0,02*

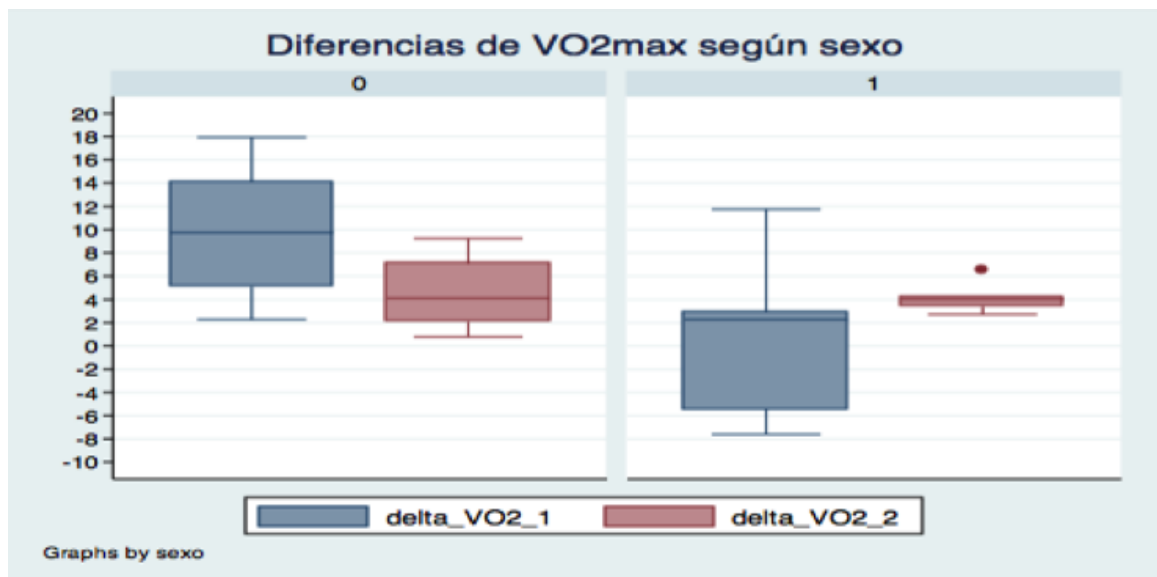
*Wilcoxon Signed-rank test (p<0,05)

La mediana calculada a partir de los datos individuales en los deportistas presentes en los momentos de cada periodo presentó diferencia significativa en el primer periodo para el sexo femenino ($p<0,02$) y en el segundo periodo para el sexo masculino ($p<0,02$).

Al aumentar $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ significa un aumento de la capacidad aeróbica en las mujeres en el periodo 1 y para los hombres en el periodo 2, que se puede llegar a pensar que tenían mejor capacidad metabólica para realizar los test de 100 y 200m, y que en determinado momento pudieron influenciar en el rendimiento deportivo.

En el test de 200m, por ser un test de mayor componente aerobio por el tiempo de duración de cada trayecto, alrededor de 100s para los hombres y 120s para las mujeres, se puede llegar a especular que tiene una mayor relación con el comportamiento del lactato en la realización de dicho test y que puede influir en el mejoramiento de las sesiones de entrenamiento y por ende en el rendimiento deportivo, mejorando las marcas y reduciendo los tiempos de ejecución de las pruebas en competencias de 200, 400 y 800m.

Gráfica 13. Deltas del $\dot{V}O_{2\text{máx.}}$ en ambos periodos y sexos.



Estratificación por sexo. 0= Sexo femenino, 1= sexo masculino. Azul= Marzo. Rojo= Junio.

En la gráfica 13 se observaron los cambios del VO₂máx. relativos obtenidos en forma individual, agrupados en ambos periodos, diferenciados por género (0=femenino, 1=masculino); y se puede apreciar que, la mediana femenina fue de 9,74 ml/kg/min (2,29 a 17,93) para el periodo 1 y 4,12 ml/kg/min (0,7 -9,24) en el periodo 2 respectivamente.

Para identificar si la diferencia fue estadísticamente significativa se empleó la prueba de rangos apareados de Wilcoxon. En los hombres la mediana fue de 2,29 ml/kg/min(-7,62 a -2,72) en el periodo 1 y se amplía la mediana a 4,03 ml/kg/min (2,72-6,44). Lo que se traduce en que el cambio del VO₂máx femenino fue mayor en el periodo 1.

En síntesis, En el periodo 1 se observó incremento significativo del VO₂máx. femenino y en los hombre no hubo diferencia.

En el periodo 2, se detecto incrementó significativo de VO₂máx en el sexo masculino y en el sexo femenino una tendencia al incremento.

7.3 RESULTADOS DE LA ANTROPOMETRÍA

7.3.1 Mediciones antropométricas del sexo femenino

En la tabla 8 se presentan los resultados de las variables antropométricas correspondientes a periodos: Febrero a Julio (periodo 1) y Julio a Noviembre (periodo 2) , y luego Febrero con Noviembre.

Tabla 8. Antropometría comparativa: Febrero-Julio, Julio-Noviembre, y Febrero-Noviembre para el sexo femenino, ($p < 0,05$)

Variable	Periodos	n	Antes		Después		Valor-p
			Mediana	RIQ	Mediana	RIQ	
Peso	febrero-julio	4	59,5	55,5-62,75	58	53,33-61,75	0,066
	julio-noviembre	4	58	53,33-61,75	60,2	53,5-65,65	0,144
	febrero-noviembre	5	60	58-61	58,7	55,8-64,6	0,686
Talla	febrero-julio	4	1,62	1,56-1,69	1,63	1,56-1,69	0,102
	julio-noviembre	4	1,63	1,56-1,69	1,63	1,56-1,69	0,180
	febrero-noviembre	5	1,69	1,56-1,69	1,69	1,56-1,69	0,063
IMC	febrero-julio	4	22,19	20,32-24,23	21,4	19,33-23,55	0,068
	julio-noviembre	4	21,4	19,33-23,55	21,81	19,43-24,70	0,144
	febrero-noviembre	5	20,52	20,43-23,95	19,84	19,53-24,08	0,686
% grasa	febrero-julio	4	27,89	27,74-28,96	28,13	25,48-30,68	0,715
	julio-noviembre	4	28,13	25,48-30,68	29	28,31-29,95	0,273
	febrero-noviembre	5	28,03	27,75-31,75	29,66	28,33-30,8	0,345
% Muscular	febrero-julio	4	44,805	44,11-45,97	46,71	44,73-48,87	0,273
	julio-noviembre	4	46,71	44,73-48,87	45,57	43,95-46,61	0,273
	febrero-noviembre	5	44,19	43,87-45,42	44,68	41,74-46,46	0,500

Al revisar los resultados de las mujeres en las variables estudiadas se puede apreciar una tendencia marginal a la reducción del peso corporal durante el periodo 1. En el periodo 2 no se observa la misma tendencia. El porcentaje graso y muscular no presentaron una tendencia clara ni en el periodo 1 ni el periodo 2. En el sexo femenino no presentó cambios significativos.

7.3.2. Mediciones antropométricas del sexo masculino

En la tabla 9 podemos observar que no se presentaron cambios significativos en las variables talla, peso, IMC y porcentaje de Grasa.

En el periodo 1, en el sexo masculino la masa muscular se incrementó significativamente, en tanto que en periodo 2 la tendencia fue también al incremento sin llegar a ser estadísticamente significativa.

El porcentaje graso presentó una tendencia a la reducción. En el periodo 1, la mediana del porcentaje de grasa corporal se redujo sin cambios significativos en el sexo masculino, similar comportamiento a la reducción se observó en el periodo 2.

Tabla 9. Antropometría comparativa: Febrero-Julio, Julio-Noviembre, y Febrero-Noviembre para el sexo masculino ($p < 0,05$)

Variable	Periodos	n	Antes		Después		Valor-p
			Mediana	RIQ	Mediana	RIQ	
Peso	febrero-julio	6	76	76-80,58	80	75,75-85	0,916
	julio-noviembre	4	78,5	75-83	79,35	77,7-83,3	0,285
	febrero-noviembre	4	79,05	76-84,08	79,35	77,7-83,3	1,000
Talla	febrero-julio	6	1,77	1,76-1,81	1,77	1,76-1,81	0,317
	julio-noviembre	4	1,76	1,75-1,79	1,76	1,76-1,79	1,000
	febrero-noviembre	4	1,77	1,76-1,79	1,76	1,76-1,79	0,564
IMC	febrero-julio	6	24,46	24,19-25,03	24,35	23,91-27,06	0,917
	julio-noviembre	4	24,35	24,11-25,34	24,52	24,20-25,92	0,285
	febrero-noviembre	4	24,46	24,33-25,69	24,52	24,20-25,92	0,715
% grasa	febrero-julio	6	23,12	25,25-23,74	22,42	21,27-24,20	0,074
	julio-noviembre	4	21,67	20,28-23,03	20,71	20,19-22,21	0,715
	febrero-noviembre	4	22,92	21,96-23,51	20,71	20,19-22,21	0,465
% Muscular	febrero-julio	6	48,67	47,66-49,68	48,98	48,34-51,35	0,028 *
	julio-noviembre	4	50,14	48,17-52,21	50,61	48,26-52,35	1,000
	febrero-noviembre	4	48,67	47,48-50,24	50,61	48,26-52,35	0,273

8. DISCUSIÓN

Uno de los objetivos del presente estudio fue evaluar el comportamiento de la concentración del lactato durante la aplicación de un test de alta intensidad intervalado en deportistas de natación con monoaleta. El cálculo de la intensidad se realizó a partir del valor del mejor tiempo alcanzado en distancias de 100 y 200m durante el último campeonato nacional en el que estos deportistas hubieran participado. Como se pudo observar en los resultados, los parámetros utilizados para seguir el comportamiento del lactato fueron el lactato inicial Lac(Me) y la pendiente de la línea recta que conformaron las 5 mediciones realizadas en cada evaluación con el respectivo test. Estas evaluaciones se realizaron en dos periodos semestrales durante los cuales el comportamiento de la concentración del Lac(Me), mostró una tendencia hacia la disminución que fue significativa en los dos sexos, para el periodo 1, con el test de 100m. Con respecto al resultado de este test se coincidió con varios autores (92, 93), que reportan disminución en la primera toma de lactato al evaluar con un test de alta intensidad durante un macrociclo. Este comportamiento podría estar reflejando un proceso de adaptación a largo plazo en la relación producción-remoción del lactato en sangre, en la que el proceso de remoción predomina sobre el de producción, muy probablemente por el incremento de transportadores y/o su sensibilidad al lactato de los músculos no activos (tipo I) o de otros tejidos, mecanismo bien evidenciado en alto rendimiento (28, 31), estos transportadores de lactato son MCT1 y MCT4 principalmente. Otros factores importantes son los iones que participan en el co-transporte del lactato, la perfusión sanguínea y el tipo de fibra muscular. De todos estos factores la participación de los transportadores es la más relevante, puesto que, favorecen el paso del lactato desde la sangre al músculo no activo (fibras tipo I), y desde el citoplasma de estos a la mitocondria. Otra posibilidad para explicar la caída a largo plazo del Lac(Me), es que durante el entrenamiento mixto que se siguió, estaba presente el componente aeróbico, el cual favoreció el desarrollo de adaptaciones y la presencia de reservas energéticas aeróbicas que pudieron influir

en la producción del lactato a largo plazo y que por lo tanto, ésta no aumentaría tanto a como lo hubiera hecho, si el entrenamiento hubiera sido solamente anaeróbico. La gran mayoría de deportes se caracterizan por tener una carga de entrenamiento tipo *Endurance* que favorece la mejoría no solo de la potencia aeróbica sino de la potencia glucolítica (23, 31, 32, 33, 44). En este test de 100m y durante el periodo 2, se presentó la misma tendencia en ambos sexos, sin llegar a ser significativa, probablemente por un cambio en el ritmo del entrenamiento relacionado con la disminución de expectativas debido a la finalización de los World Games.

Con respecto al test de 200m, la tendencia a la disminución del Lac(Me) no se marcó igual que para el test de 100m, los resultados en los dos periodos presentaron mayor dispersión en ambos sexos y no hubo diferencias significativas. Al evaluar los tiempos por repetición se encontró que en hombres estuvo entre 100 y 120s y en mujeres entre 120 y 140s. La observación de estos tiempos en el escenario de las fuentes energéticas permitiría afirmar que en este test de 200m el lactato está cediendo su rol protagonista a la glucólisis aeróbica, la cual gana espacio a lo largo de las diez repeticiones aun en presencia de pausas entre las repeticiones.

El otro parámetro estudiado fue la pendiente de la recta conformada por las 5 mediciones al aplicar cada test (100 y 200m) en el mesociclo evaluado. Esta pendiente siempre fue positiva y no tuvo cambios significativos en ninguno de los dos sexos a lo largo de los dos periodos observados. El incremento del lactato en las cinco mediciones de la evaluación del mesociclo, representa el cambio agudo del lactato a lo largo de las repeticiones realizadas durante cada test.

El cambio mínimo no significativo de las pendientes de estas rectas podría estar representando el incremento de la potencia glucolítica del musculo para que la producción de lactato predominará en la fase aguda sobre el proceso de remoción

a pesar de los cambios adaptativos de ésta, y de la capacidad aeróbica, que también estaban produciéndose, de tal forma, que aunque las dos adaptaciones se estaban produciendo, seguía predominando en una misma proporción la producción sobre la remoción del lactato en la fase aguda, por lo tanto, sus pendientes no cambiaban a lo largo de cada periodo. En los deportistas se encontró como tendencia general un incremento del porcentaje de masa muscular (aunque no significativa) que favorecía la producción del lactato en cada fase aguda.

Se ha descrito que con el entrenamiento, en la medida que se dan adaptaciones hacia la potencia glucolítica (25) también se aumenta la codificación de las proteínas transportadoras del lactato para su remoción. Con relación a esta potencia, algunos autores (95, 96), refieren que varía de acuerdo a la edad de los sujetos, en pre-púberes (menores de 12 +/- 2 años) fue menor en concentración del lactato sérico y más precoz en su aparición que en adolescentes (16 +/- 0,5 años) y que en adultos, esto lo atribuyen a una menor masa muscular, falta de maduración del sistema de enzimas glucolíticas, mayor espacio de agua, adaptaciones neuro-musculares, distribución de fibras musculares y un ambiente más favorable para el metabolismo aeróbico. Al comparar la potencia glucolítica de estos dos estudios entre los adolescentes y los adultos no hubo significancia estadística. En el presente estudio, los deportistas eran mayores de 15 años al inicio del mismo y la evaluación se realizó con mediciones en ellos mismos a lo largo del estudio.

Un elemento relevante en el análisis de estas adaptaciones es la importancia de los intervalos de tiempo o pausas en el entrenamiento y en los test de evaluación, pues en ellos se favorece la remoción del lactato y la actividad aeróbica. Beneke y cols.,(81), realizaron investigaciones en determinar cuánto era el tiempo de pausa en que hubiese una mejor relación en el tiempo de producción-remoción y sugieren que este tiempo oscila entre 30 a 90s, cuando se utilizan cargas

constantes. Engel F. y cols, 2015, (96) en su diseño experimental, mantienen los 30s de prueba, en test intervalados, a una alta intensidad y con una pausa de dos minutos, situación muy similar a la utilizada en el presente estudio, en el cual se utilizaron 60 y 120s, también a carga constante (velocidad constante)

En la literatura se reporta en condiciones similares (70), los resultados obtenidos del test de 100m con estudios hechos en natación carreras y en ciclismo (93, 94) de ocho a doce semanas de duración y con test similares, se encontró que estos deportistas tuvieron concentraciones de lactato entre 5 a 9 mM/L, mientras que en los deportistas de natación con monaleta se encontró entre 8 a 14 mM/L. Por lo tanto, las preguntas que quedan de este estudio son: ¿Que ocurre en los deportistas de natación con monaleta para que puedan sostener el 85% de su mejor velocidad durante diez repeticiones de 100m con estos valores de lactato tan altos?, ¿Tendrá que ver en esto, la cantidad y potencia de los grandes grupos musculares involucrados en el gesto técnico de natación con monaleta? ¿Será importante el tiempo corto de estas concentraciones altas de lactato, pues el tiempo es más corto en natación con monaleta que en otros deportes y que por lo tanto los efectos inhibitorios de la acidosis metabólica por las altas concentraciones de lactato puedan ser menos deletéreos? Vale la pena resaltar de todas formas que estos deportistas tienen una historia de entrenamiento y de adaptaciones de tres a cuatro años.

Finalmente es importante hacer énfasis en relación los dos test (100 y 200m) diseñados y utilizados en este trabajo, principalmente el de 100m, puesto que con el se pudo detectar tendencias en el comportamiento del lactato en los deportistas de natación con monaleta de los dos sexos. La recomendación con este test sería continuar trabajando con él para lograr su validación y uso en otros deportes.

Con respecto a los resultados obtenidos en el $\text{VO}_{2\text{max}}$, debemos recordar que el entrenamiento fue mixto (componente aeróbico y anaeróbico), como se describió previamente y las adaptaciones del lactato deben estar influenciadas por las adaptaciones del sistema aeróbico.

Con el entrenamiento del componente aeróbico, (97), se producen una serie de adaptaciones centrales como periféricas; las centrales incluyen cambios en el volumen sistólico, la frecuencia cardiaca y cambios en el sistema ventilatorio. Las adaptaciones periféricas incluyen la diferencia arterio-venosa de oxígeno, la capilarización, el área de contacto de superficies de los capilares con los músculos y su capacidad oxidativa. Un indicador que integra las adaptaciones centrales como periféricas es el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, el cual fue estudiado y se encontró incremento en los dos sexos, que fue significativo en el sexo femenino, 13%, (7ml/kg/min), para el periodo 1, y en el sexo masculino de 4% para el periodo 2. Se ha reportado que en promedio el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ aumenta 5-8 ml/kg/min por año, hasta la edad madura biológica. Este incremento representa cambios en el sistema cardio-pulmonar (17).

Otro mecanismo que pudiera explicar el incremento del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ es lo que se ha reportado respecto a las concentraciones séricas de H^+ , las cuales al ser altas como es de esperar en el entrenamiento anaeróbico, se potencia el efecto Bohor, osea que el Hidrogeno se liga más con la hemoglobina desplazando el oxígeno, lo cual permite una mayor entrega de este gas a los tejidos (Grassi y cols., 1999; Richard y cols., 2004; Stringer y cols., 1994). Como paralelamente se esta haciendo entrenamiento aeróbico, las adaptaciones de este sistema (intercambio alveolo-capilar, transporte y entrega de oxígeno a la célula y Fosforilación oxidativa mitocondrial), favorecerían aún más esta entrega de oxígeno al músculo en ejercicio. Respecto al Hidrogenión sérico, se sabe que es amortiguado por el buffer del ácido carbónico, el cual lo elimina como Dióxido de Carbono (CO_2) por el sistema respiratorio.

En relación a la acidosis intracelular se creía que solo era producida por la glucólisis láctica del entrenamiento pero se ha reportado que esta acidosis es además producto de la hidrólisis del ATP, y que dependiendo del grado de estos procesos puede presentarse acumulación de hidrogenión H^+ intracelular (20), y generar cambios como inhibición de las enzimas afectadas (enzima reguladoras de la glucólisis, ATP-Na, K^+ ATP-asa de Ca). Esta acidosis y sus efectos son menores al disminuirse la demanda de la glucólisis láctica cuando al haber entrenamiento aeróbico paralelo se producen adaptaciones aeróbicas que contribuyeran a dichas demandas energéticas.

Uno de los puntos que hay que tener es el efecto del plan de entrenamiento en agua que incluían cerca del 70% del trabajo en zona de estimulación aeróbica, 15 % intensidad media a alta y 15% en alta intensidad con corta duración. Este patrón coincide con las intensidades propuestas por varios autores (Mujica y cols, en 2000, Isurrin y cols, en 2008 y Pyne y cols, en 2009). En el presente estudio se obtuvo mejoría del VO_2 máx. en el sexo femenino durante el periodo 1 y en el sexo masculino en periodo 2, lo que representa una relación entre estímulos aeróbico y la respuesta biológica. Esto concuerda con lo reportado en la literatura por Coffey y Hawley, 2007, quienes proponen que estas adaptaciones están dadas por el estímulo mecánico o tensión muscular (mecano-transductores), el incremento en las especies reactivas de oxígeno, el incremento en la concentración muscular del Calcio requerida para el complejo excitación-contracción y por el estado energético alterado (baja concentración de ATP) en los músculos. Todos factores conllevan a un aumento de la masa mitocondrial y a un aumento de la capacidad transportadora de glucosa en el musculo esquelético como consecuencias de los estímulos a altas intensidades, siempre y cuando se incluyan las pausas. Laursen, 2010, (98) relaciona el efecto de estos estímulos macros con los cambios a nivel de las sarcomeras, describiendo los procesos de señalización intracelular que a su vez lo clasifica en dos vías: la primera, vía de señalización asociada al *HIIT*, *High Intesity Interval Training*, en la cual predomina la vía de los fosfagenos, que al

utilizar el ATP incrementa ADP y que a su vez estimula el AMPK, Adenosin Monofosfato Kinasa y este a su vez esta ligado con el PGC-1 α , llamado el “Switch Maestro”; puesto que además esta implicado en la codificación de los aminoácidos requeridos para el incremento de las fibras tipo I, el estímulo a la biogénesis mitocondrial, el incremento de la capacidad oxidativa de las grasas, el incremento de los transportadores de glucosa GLUT-4 y el incremento del glucógeno citoplasmático. La segunda vía de señalización intracelular esta ligada con el entrenamiento de larga duración, baja intensidad, con repeticiones de contracciones musculares que conllevan al incremento de Calcio intracelular y a la estimula de la Calcio-Calmodulina kinasa que a su vez, estará ligada al “Switch Maestro”, (PGC-1 α), en donde se codificará la señalización de las diversas proteínas y/o aminoácidos requeridos para el mantenimiento de la actividad de baja intensidad (biogénesis mitocondrial, capacidad oxidativa de las grasas, GLT-4 e incremento de fibras tipo I).

El cambio significativo del porcentaje muscular observado en los deportistas del sexo masculino observados en el periodo 1, puede deberse al trabajo realizado con el entrenamiento mixto de trabajo en piscina y/o el realizado en el gimnasio, sin embargo el efecto de este entrenamiento se vio parcialmente reflejado en VO_{2máx}, puesto que aumentó pero no significativamente; Situación diferente la observada en el sexo femenino, puesto que se incremento significativamente VO_{2máx}, ($p < 0.05$), en el periodo 1, pero la masa muscular tuvo la tendencia al incremento pero no fue significativa.

En el periodo 2, tampoco no hubo paralelismo entre los cambios del VO_{2máx} y la masa y el incremento de la masa muscular. Estos resultados sugieren que no hay relación entre el aumento de la masa muscular y el aumento del valor del VO_{2máx}.

El porcentaje grasa en ambos sexos cambia con tendencia a la reducción pero no significativamente. Esta tendencia se ha observado en varios estudios de seguimiento longitudinal de uno a tres años en atletas de *endurance* (99,100), en

los que comparan los resultados obtenidos en competencia, y encuentra que la mejoría de sus mediciones antropométricas se relacionó con sus mejores tiempos de competencia. En el presente estudio la mayoría de los deportistas (95%) entrenaron para competir en pruebas de corta y mediana distancia por lo que su estímulo fisiológico de entrenamiento estaba dirigido predominantemente a la parte anaeróbica y tal vez esto tuvo que ver con la poca variación del porcentaje graso, de acuerdo a lo reportado por varios autores (99, 100, 101).

La continuidad de este entrenamiento y su evaluación pudiera seguirse para ir mejorando detalles de los protocolos de entrenamiento que se vayan aplicando, con el objetivo de lograr cada vez mejorar la eficiencia en estos deportistas.

9. CONCLUSIONES

1. La adaptación crónica de la remoción del lactato visto a través de la caída del Lac(Me) fue más evidente en el periodo 1 para ambos sexos con el test de 100m que con el test de 200m, presentando significancia en el sexo masculino.
2. Los niveles de Lac(Me) alcanzados y mantenidos en la prueba de 100m (10 repeticiones) en los dos sexos superó los valores encontrados en la mayoría de deportes cíclicos con intensidades equivalentes.
3. El protocolo diseñado en el test de 100m para medir el comportamiento del lactato se ajusto más al tiempo de la vía glucolítica láctica que el test de 200m.
4. No hubo una tendencia en el comportamiento del Lac(Me) ni en las pendientes con el test de 200m como la encontrada en 100m. De acuerdo a los resultados obtenidos, el test de 200m no evalúa solamente la vía láctica de los deportistas.
5. La adaptación del proceso-remoción de producción láctica fue más evidente en el sexo masculino que en el sexo femenino aunque ambos sexos tuvieron la tendencia en la misma dirección.
6. El diseño y la ejecución del test de 100 y 200m para evaluar comportamiento del lactato permitió evaluar de forma indirecta adaptaciones del lactato por cambios agudos y crónicos del entrenamiento.
7. En el periodo 1, el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ femenino presento un incremento estadísticamente significativo, y en el periodo 2 los hombres presentaron aumento significativo.

8. Los cambios antropométricos observados no reflejan la respuesta esperada del plan de entrenamiento durante el macrociclo del año 2013 en los deportistas de natación con monoaleta.

10. SUGERENCIAS Y/O RECOMENDACIONES

Continuar evaluando el comportamiento de los parámetros anaeróbicos en forma más directa y en periodos de entrenamiento controlado con estos deportistas de natación con monoaleta.

Utilizar el protocolo del test de 100 y 200m en otros deportes para evaluar el comportamiento del Lac (Me) y de la mediana de las pendientes del lactato.

BIBLIOGRAFIA

1. OMS. El estado físico: uso e interpretación de la antropometría [Internet]. Ginebra: Comité Expertos de la OMS; 1995 [acceso 22 de abril de 2015]. OMS, Serie de Informes Técnicos: 854. Disponible en: http://www.who.int/childgrowth/publications/physical_status/es/
2. Díaz V, Díaz E, Peinado A, Benito PJ, Calderón FJ, Sampedro J. Control biológico del sobre-entrenamiento en un mesociclo precompetitivo en triatletas de élite: estudio piloto. Arch Med Deporte. 2010; XXVII: 31-40.
3. Viru A, Viru M. Análisis y control del rendimiento deportivo. Barcelona: Paidotribo; 2003.
4. Calderón Montero FJ, Benito Peinado PJ, Meléndez Ortega A, González-Gross M. Control biológico del entrenamiento de resistencia. RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte. 2006; II (2): 65-87.
5. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Stringer WW, Whipp BJ. Principles of exercise testing and interpretation: including pathophysiology and clinical applications. 5ª ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005. p. 76-106.
6. Carter JEL. The heath-carter anthropometric somatotype: instruction manual. San Diego, USA. 2002; 1–26. Disponible en: <http://www.somatotype.org/Heath-CarterManual.pdf>.
7. Devlin TM. (Ed). Textbook of biochemistry: with clinical correlations. 7ª ed. New York: Wiley-Liss; 2011.
8. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
9. Belando JES, Chamorro RPG. Valoración antropométrica de la composición corporal: cineantropometría [Internet]. Universidad de Alicante. Servicio de Publicaciones; 2009. Disponible en: https://books.google.es/books?id=H1I_m4e10U0C
10. Martínez-Sanz JM, Urdampilleta A, Guerrero J, Barrios V. El somatotipo-morfología en los deportistas. ¿Cómo se calcula? ¿Cuáles son las referencias internacionales

- para comparar con nuestros deportistas?. Lecturas: Educación Física y Deportes [Internet]. 2011 [acceso 22 de abril de 2015]; 16(159). Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd159/el-somatotipo-morfologia-en-los-deportistas.htm>
11. Palavecino N. Nutrición para el Alto Rendimiento [Internet]. Colección Ciencias de la Salud. Libros en Red; 2002. Disponible en: <https://books.google.com.co/books?id=wuS51UXmJMY>.
 12. Federación Colombiana de Actividades Subacuáticas. www.fedecas.net, fedecas.president@hotmail.com (reglamentación de los diferentes eventos deportivos).
 13. Brooks GA, Fahey TD, Baldwin KM. Exercise physiology: human bioenergetics and its applications. 4ª ed. New York: McGraw-Hill Higher Education; 2005. 784 p.
 14. Brooks GA. Anaerobic threshold: Review of the concept and directions for future research. Med Sci Sports Exerc. 1985; 17(1): 22-34.
 15. Poole DC, Barstow TJ, McDonough P, Jones AM. Control of oxygen uptake during exercise. Med Sci Sports Exerc. 2008; 40(3): 462-474.
 16. Legaz-Arrese, A. Manual de entrenamiento deportivo. Badalona: Paidotribo; 2012.
 17. Kenney WL, Wilmore JH, Costill DL. Physiology of sport and exercise. 5ª ed. Champaign, IL: Human Kinetics; 2012. 640 p.
 18. Gladden LB. 200th anniversary of lactate research in muscle. Exerc Sport Sci Rev. 2008; 36(3): 109-115.
 19. Frayn KN. Metabolic regulation: a human perspective. 3ª ed. Wiley Blackwell; 2010. 384 p.
 20. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2004; 287(3), R502-R516.
 21. Nelson DL, Cox MM. Principios de bioquímica de Lehninger. En Principios de Bioquímica de Lehninger. Porto Alegre: Artmed; 2011. 1273 p.
 22. Philp A, Macdonald AL, Watt PW. Lactate - a signal coordinating cell and systemic function. J Exp Biol. 2005; 208: 4561–4575.
 23. Gladden LB. Lactate metabolism: a new paradigm for the third millennium. J Physiol. 2004; 558(1): 5-30.

24. Brooks GA. Lactate: link between glycolytic and oxidative metabolism. *Sports Med.* 2007; 37: 341-343.
25. Bergman BC, Wolfel EE, Butterfield GE, Lopaschuk GD, Casazza GA, Horning MA, Brooks GA. Active muscle and whole body lactate kinetics after endurance training in men. *J Appl Physiol.* 1999; 87(5): 1684-1696.
26. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup AE. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. *Med Sci Sports Exerc.* 2002; 34(1): 92-97.
27. Gladden LB. Muscle as a consumer of lactate. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(4): 764-771.
28. Brooks GA. Lactate: glycolytic end product and oxidative substrate during sustained exercise in mammals—the “lactate shuttle”. En: Gilles R. *Circulation, respiration, and metabolism: current comparative approaches.* Springer Berlin Heidelberg; 1985. 208-218.
29. Brooks GA. Current concepts in lactate exchange. *Med Sci Sports Exerc.* 1991; 23(8): 895-906.
30. Brooks GA. Cell–cell and intracellular lactate shuttles. *J Physiol.* 2009; 587(23): 5591-5600.
31. Donovan CM, Brooks GA. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1983; 244(7): E83-E92.
32. Dubouchaud H, Butterfield GE, Wolfel EE, Bergman BC, Brooks GA. Endurance training, expression, and physiology of LDH, MCT1, and MCT4 in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2000; 278(4): E571-E579.
33. Hawley JA. Adaptations of skeletal muscle to prolonged, intense endurance training. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2002; 29(3): 218-222.
34. Haverty M, Kenney WL, Hodgson JL. Lactate and gas exchange responses to incremental and steady state running. *Br J Sports Med.* 1988; 22(2): 51-54.
35. Santos L, González V, Iscar M, Brime JI, Fernández-Rio J, Egocheaga J, ... Montoliu MÁ. A new individual and specific test to determine the aerobic-anaerobic transition zone (Santos Test) in competitive judokas. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(9): 2419-2428.

36. Gladden LB. Lactate metabolism during exercise. En: Poortmans JR. Principles of Exercise Biochemistry. 3^a ed. New York: Karger; 2004b, Vol 46. 152–196.
37. Baldwin KM, Campbell PJ, Cooke DA. Glycogen, lactate, and alanine changes in muscle fiber types during graded exercise. *J Appl Physiol.* 1977; 43(2): 288-291.
38. Baldwin KM, Hooker AM, Herrick RE. Lactate oxidative capacity in different types of muscle. *Biochem Biophys Res Commun.* 1978; 83(1): 151-157.
39. Pilegaard H, Domino K, Noland T, Juel C, Hellsten Y, Halestrap AP, Bangsbo J. Effect of high-intensity exercise training on lactate/H⁺ transport capacity in human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 1999; 276(2): E255-E261.
40. Horita T, Ishiko T. Relationships between muscle lactate accumulation and surface EMG activities during isokinetic contractions in man. *Eur J Appl Physiol.* 1987; 56(1): 18-23.
41. Zierath JR, Hawley JA. Skeletal muscle fiber type: influence on contractile and metabolic properties. *PLoS Biol.* 2004; 2(10): e348.
42. Choe JH, Choi YM, Lee SH, Shin HG, Ryu YC, Hong KC, Kim BC. The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Sci.* 2008; 80(2): 355-362.
43. Tesch PA, Sharp DS, Daniels WL. Influence of fiber type composition and capillary density on onset of blood lactate accumulation. *Int J Sports Med.* 1981; 2: 252-255.
44. Hawley JA, Stepto NK. Adaptations to training in endurance cyclists. *Sports Med.* 2001; 31(7): 511-520.
45. Gladden LB. A lactatic perspective on metabolism. *Med Sci Sports Exerc.* 2008; 40(3): 477-485.
46. Hawkins MN, Raven PB, Snell PG, Stray-Gundersen J, Levine BD. Maximal oxygen uptake as a parametric measure of cardiorespiratory capacity. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2007; 39(1): 103-107.
47. Costill, D. L., Wilmore, J. H., & Kenney, W. L. Physiology of sport and exercise. *Physiology Of Sport And Exercise*-9780736094092-66, 78. 2012

48. Whyte G, Lumley S, George K, Gates P. Physiological profile and predictors of cycling performance in ultra-endurance triathletes. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000; 40(2): 103-109.
49. Franchini E, Bertuzzi RCM, Takito MY, Kiss MA. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur J Appl Physiol*. 2009; 107(4): 377-383.
50. De Jesús K, Guidetti L, Vilas-Boas JP, Baldari C, Fernández RJ. Which are the best VO₂ sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*. 2014; 35(12): 1030-1036.
51. Vikmoen O, Ellefsen S, Trøen Ø, Hollan I, Hanestadhaugen M, Raastad T, Rønnestad BR. Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scan J Med Sci Sports*. 201. [En impresión].
52. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000; 32(1): 70-84.
53. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY. Facilitation of oxygen consumption by lactic acidosis during exercise. *News Physiol. Sci*. 1991; 6(1): 29-34.
54. Morgan DW, Bransford DR, Costill DL, Daniels JT, Howley ET, Krahenbuhl GS. Variation in the aerobic demand of running among trained and untrained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc*. 1995; 27(3): 404-409.
55. Weltman A. The blood lactate response to exercise. (No. 4). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers; 1995. 117 p.
56. Price MJ, Campbell IG. Determination of peak oxygen uptake during upper body exercise. *Ergonomics*, 1997; 40(4): 491-499.
57. Berthon P, Fellmann N. General review of maximal aerobic velocity measurement at laboratory: Proposition of a new simplified protocol for maximal aerobic velocity assessment. *J Sports Med Phys Fitness*. 2002; 42(3): 257-266.

58. Gibala MJ, Little JP, MacDonald MJ, Hawley JA. Physiological adaptations to low - volume, high - intensity interval training in health and disease. *J Physiol.* 2012; 590(5): 1077-1084.
59. Turner AP, Cathcart AJ, Parker ME, Butterworth C, Wilson J, Ward SA. Oxygen uptake and muscle desaturation kinetics during intermittent cycling. *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38(3): 492-503.
60. Rozenek R, Funato K, Kubo J, Hoshikawa M, Matsuo A. Physiological responses to interval training sessions at velocities associated with VO₂max. *J Strength Cond Res.* 2007; 21(1): 188-192.
61. Billat VL, Flechet B, Petit B, Muriaux G, Koralsztejn, JP. Interval training at VO₂Max : effects on aerobic performance and overtraining markers. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1999; 31: 156-163.
62. Gibala MJ, McGee SL. Metabolic adaptations to short-term high-intensity interval training: a little pain for a lot of gain?. *Exerc Sport Sci Rev.* 2008; 36: 58– 63.
63. Gist NH, Freese EC, Cureton KJ. Comparison of responses to two high-intensity intermittent exercise protocols. *J Strength Cond Res.* 2014; 28(11), 3033-3040.
64. Little JP, Safdar A, Wilkin GP, Tarnopolsky MA & Gibala MJ. A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol.* 2010; 588(6): 1011– 1022.
65. Hatle H, Støbakk PK, Mølmen HE, Brønstad E, Tjønnå AE, Steinshamn S, ... & Rognmo, Ø. Effect of 24 sessions of high-intensity aerobic interval training carried out at either high or moderate frequency, a randomized trial. *PloS One.* 2014; 9(2): e88375.
66. Ghosh AK. Anaerobic threshold: Its concept and role in endurance sport. *Malays J Med Sci: MJMS.* 2004;11(1): 24- 36.
67. Fernández RJ, Vilas-Boas JP. Time to exhaustion at the VO₂max velocity in swimming: a review. *J Hum Kinet.* 2012; 32: 121-134.
68. Hawley JA, Stepto NK. Adaptations to training in endurance cyclists. *Sports Med.* 2001; 31(7): 511-520.

69. Olbrecht J. The science of winning: planning, periodizing and optimizing swim training. F&G Partners. 2015. 282 p.
70. Pansold B, Zinner J. Selection, analysis and validity of sport-specific and ergometric incremental test programmes. En: Bachl N, Graham TM, Löllgen H. Advances in ergometry (pp. 180-214). Springer Berlin Heidelberg. 1991. 180-213.
71. Zinner C, Krueger M, Wahl P, Sperlich B, Mester JM. Comparison of Three Different Step Test Protocols in Elite Swimming. JEPonline. 2011, 14: 43-48.
72. Jacobs I. Blood lactate. Sports Med. 1986; 3(1): 10-25.
73. Brooks GA. Lactate: link between glycolytic and oxidative metabolism. Sports Med 2007; 37:341-343.
74. Olbrecht J, Madsen O, Mader A, Liesen H, Hollmann W. Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. International J Sports Med . 1985; 6(2): 74-77.
75. Weineck, J. Entrenamiento total (Vol. 24). Paidotribo. 2005. 686 p.
76. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. Eur J Appl Physiol. 2003; 89: 95-99.
77. Costill DL, Maglischo EW, Richardson AB. Handbook of sports medicine and science, swimming (Vol. 1). Oxford: Blackwell Publishing. 1992.
78. Achten J, Gleeson M, Jeukendrup A. Determination of the exercise intensity that elicits maximal fat oxidation. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(1): 92-97.
79. Bonen A. The expression of lactate transporters (MCT1 and MCT4) in heart and muscle. Eur J Appl Physiol. 2001;86(1): 6-11.
80. Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state—implications for performance testing. Eur J Appl Physiol. 2003; 89(1): 95-99.
81. Beneke R, Hutler M, von Duvillard SP, Sellens M, Leithauser RM. Effect of test interruptions on blood lactate during constant workload testing. Med Sci Sports Exerc. 2003; 35(9): 1626-1630.
82. Beneke R, von Duvillard SP. Determination of maximal lactate steady state response in selected sports events. Med Sci Sports Exerc. 1996; 28: 241–246.

83. Kindermann W, Simon G, Keul J. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *Eur J Appl Physiol.* 1979; 42: 25-34.
84. Billat V, Sirvent P, P y G, Koralsztein JP, Mercier J. The concept of maximal lactate steady state a bridge between biochemistry, physiology and sport science. *Sports Med.* 2003; 33(6): 407-426.
85. Heck H, Mader A, Hess G, Mucke S, Muller R, Holman W. Justification of the 4-mmol/L lactate threshold. *Int J Sports Med.* 1985; 6(3): 117-130.
86. Maglischo EW. Training fast twitch muscle fibers: why and how, parts I and II. *J Swimm Res.* 2011. 18 (1): 1-16 and 19 (1), pp. 1-18.
87. Maglischo EW. Training zones revisited. *J Swimm Res.* 2012; 19: 2 -18.
88. Ross W, Kerr D. Fraccionamiento de la masa corporal: un nuevo método para utilizar en nutrición, clínica y medicina deportiva. *PubliCE Standard.* 2004.
89. Ulijaszek S, Kerr D. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *British Journal of Nutrition.* 1999. 82(03): 165-177.
90. Norton K, Whittingham N, Carter L, Kerr D, Gore C, Marfell-Jones M. Measurement techniques in anthropometry. 1996. *Anthropometrica*, 1:25-75
91. Juel C. Training-induced changes in membrane transport proteins of human skeletal muscle. *European journal of applied physiology.* 2006. 96 (6): 627-635.
92. Acevedo E, Goldfarb A. Increased training intensity effects on plasma lactate, ventilatory threshold, and endurance. *Medicine and Science in Sports and Exercise.* 1989. 21(5): 563-568.
93. Tabata I. Effects of moderate-intensity endurance and high-intensity intermittent training on anaerobic capacity and VO₂max. *Medicine and science in sports and exercise.* 1996. 28 (10): 1327-1330.
94. Westgarth-Taylor C. Metabolic and performance adaptations to interval training in endurance-trained cyclists. *European journal of applied physiology and occupational physiology.* 1997. 75(4): 298-304.
95. Ralph B, Matthias H, Marcus J, Renate M. *Journal of Applied Physiology* Published 1 August. 2005. (99) 2: 499-504f

96. Engel F, Sperlich B, Stockinger C, Härtel S, Bös, K, & Holmberg H. The kinetics of blood lactate in boys during and following a single and repeated all-out sprints of cycling are different than in men. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2015. 40 (999): 1-9.
97. Daussin F, Ponsot E, Dufour S, Lonsdorfer-Wolf E, Doutreleau S, Geny B, Richard R. Improvement of VO₂máx. by cardiac output and oxygen extraction adaptation during intermittent versus continuous endurance training. *European Journal of Applied Physiology*. 2007.101(3): 377-383.
98. Laursen P. Training for intense exercise performance: high- intensity or high-volume training? *Scandinavian journal of medicine & science in sports*. 2010. 20(s2): 1-10.
99. Legaz, A., and R. Eston. "Changes in performance, skinfold thicknesses, and fat patterning after three years of intense athletic conditioning in high level runners." *British journal of sports medicine* 39.11 (2005): 851-856.
100. Knechtle, Beat. "Relationship of anthropometric and training characteristics with race performance in endurance and ultra-endurance athletes." *Asian journal of sports medicine* 5.2 (2014): 73.
101. Arrese, A. Legaz, JJ González Badillo, and E. Serrano Ostáriz. "Differences in skinfold thicknesses and fat distribution among top-class runners." *Journal of sports medicine and physical fitness* 45.4 (2005): 512.

ANEXOS

Anexo 1. Formato de Historia Clínica para los deportistas de natación en el año 2013



HISTORIA CLINICA

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INDERVALLE**

CODIGO EDAD HA
SEXO

A.ANTECEDENTES PERSONALES:

1. PATOLOGICOS:

S. CARDIO-RESPIRATORIO _____

S. OSTEOMUSCULAR

LESIONES _____

SECUELAS _____

TIEMPO DE REHABILITACION

OTROS SISTEMAS _____

2.

QUIRURGICOS

3. DEPORTIVOS, excluyendo natación con monoaleta.

Cual deporte _____ Años de entrenamiento _____ sesiones
por semana _____ Duración de cada entreno _____

4. DESCANSO

¿A qué hora se acuesta a dormir? _____ ¿A qué hora se levanta? _____
¿Durante el día Ud. Descansa? _____ ¿Cuánto tiempo en horas?

B. ANTECEDENTES FAMILIARES:

DM ☐ HT ☐ CAN ☐ OE ☐ D ☐ ASMA

ENFERMEDAD ME ☐ L _____ OTROS

C. EXAMEN FISICO:

FC(Lat/min)	Tensión arterial sistólica	Tensión arterial diastólica

S. Otorrinolaringológico _____

S. Cardiovascular _____

S.Gastrointestinal_____

S. Urogenital_____

S.Osteomuscular_____

Columna_____ **Extremidades**_____

S. Neurológico y Control Motor:

Equilibrio_____ **Propiocepción**_____

Agilidad_____ **Destreza**_____

Motricidad **fina**_____ **Motricidad**

Gruesa_____

Fuerza en:

Miembros Superiores: _____ **Miembros Inferiores:** _____

Abdomen_____ **Espalda**_____

Gesto Técnico:

De pie _____ **En cuatro apoyos** _____

D. DIAGNOSTICO:

E. CONDUCTA A SEGUIR:

F. REMISION

FIRMA MEDICO: _____

Anexo 2. Lista de asistencia a los entrenamientos



Lista de asistencia

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INDERALLE**

		D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M		%
NOMBRES Y APELLIDOS		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0
																																	0	0

Anexo 3 . Recomendaciones Nutricionales



Recomendaciones Nutricionales

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

RECOMENDACIONES ALIMENTARIAS PARA DEPORTISTAS
Todo deportista debe desayunar o tomar un refrigerio, aunque sea 40 minutos antes del comienzo del entrenamiento. Esta ingesta es vital para evitar los efectos del ayuno nocturno (en el caso del desayuno) y de la caída de la glucosa sanguínea en el entrenamiento matutino.
Comenzar el entrenamiento, bebiendo agua mineral sin gas.
DESAYUNOS Y REFRIGERIOS:
(Alimentos base)
1. BEBIDA CON LECHE * Consumirlos mínimo una hora antes de entrenar dado que es el tiempo que demora su digestión, probar tolerancia.
Té, café con leche descremada o semidescremada y edulcorantes (restringir uso de azúcar para las personas con porcentajes de grasa altos)
Leche descremada o Semidescremada
Yogurt descremado o Light
2. ALIMENTO PROTEICO
Huevo una unidad, 3 veces por semana: Tibio, Revuelto con tomate o cebolla sin adición de aceite, o Poché (Frito en agua). (No frito en aceite)
Queso descremado o Semigraso 30 grs.

Salchicha (1 unidad) o jamón (2 tajadas) 96% libre de grasa.
3. ALIMENTO ENERGETICO
Alimentos preferiblemente Light o Integrales.
Tostadas (1-2 Unidades)
Pan Tajado (2-3 unidades), Pan 30-40 grs
Cereales Comerciales (½ pocillo)
Galletas (2-3 unidades)
4. FRUTA O JUGO DE FRUTA
Todas Excepto: Banano, Manzana o Mango dulce en especial las personas con porcentaje de grasa alto.
5. ACOMPAÑAMIENTO ENERGETICO
Mermelada o jaleas bajas calorías (BC) o Sin azúcar, pueden contener otros endulzantes
ALMUERZOS Y CENAS: (Ejemplos)
ALIMENTOS PROTEICOS: En este grupo encontramos las carnes como: la carne de res, pollo, pescado, ternera consumirlos a diario en preparaciones adecuadas (asados o cocidos con poca grasa o sin ella) y alimentos proteicos ricos en hierro hémico como hígado, pajarilla o menudencias, sin embargo son ricos en grasas por lo tanto consumirlos una vez a la semana. Preferir los cortes magros, sin gordos, piel ni hueso, utilizando preparaciones a la parrilla, asadas, sudadas o salteados.
Ejemplos:
Carnes rojas (cortes magros) a la plancha o a la parrilla
Pollo, sin piel, a la plancha, a la parrilla
Pescado a la plancha o a la parrilla
Jamón cocido o crudo, desgrasado.
ALIMENTO ENERGETICO: En este grupo encontramos los tubérculos:

Papa o yuca; plátanos : plátano verde o maduro y guineos, Cereales o Derivados de Cereal : Pasta o Arroz. Preferir los cereales integrales como pasta integral o arroz integral, moderar su consumo de 1-2 porciones por tiempo de comida (Almuerzo o Cena) de acuerdo a recomendación nutricional, evitar preparaciones grasosas o fritas.
Ejemplos:
Papas en puré
Papas cocidas o en preparaciones sin grasa
Plátano asado o cocido sin adición de grasa en la preparación
Arroz blanco, con aceite (poca cantidad).
Pastas al tomate (sin freír), al pesto, al aceite, salsa blanca con leche descremada, con crema “light”, con queso rallado (poca cantidad)
Preparación que involucren cualquiera de estos alimentos pero con la menor cantidad de grasa posible: ensaladas, tortas, platos únicos etc.
VERDURAS , HORTALIZAS Y/O FRUTAS Es importante concientizar sobre la importancia de su consumo en el deporte y desarrollar el hábito (aprendido de sus padres) del consumo de verduras, hortalizas y frutas, por su alto poder antioxidante, aporta vitaminas y fibra, favorece la utilización de energía de los macro nutrientes entre otras. Ejemplos:
Ensaladas variadas (tomate, lechuga, repollo, apio, remolacha, zanahoria, rábano, brócoli, cebolla, coliflor etc.)
Ahuyama, zanahoria en puré.
Frutas variadas (frescas, evitar frutas enlatadas)
Ensaladas de frutas
LEGUMINOSAS : En este grupo encontramos: las arvejas, lentejas, frijoles, garbanzos y habas, consumido en cantidades moderadas (no más de 1 pocillo). Pueden mezclarse con pequeñas cantidades de arroz para optimizar el aporte de proteína de ambos alimentos. Se pueden incluir las

carnes en el mismo plato para utilizar el factor de la carne para el aprovechamiento biológico del hierro no hemico. 2-3 veces a la semana.
JUGO DE FRUTA:
Consumir jugo de fruta idealmente naturales o pulpas naturales.
Evitar el consumo de gaseosas y bebidas instantáneas.
Los jugos deben ser preparados sin azúcar o con edulcorante si se desea controlar el peso, o en caso contrario con la menor cantidad de azúcar posible.
<u>COMER OCASIONALMENTE: (NO MAS DE 1-2 VECES POR SEMANA)</u>
<i>Frituras, salsas con grasa, mantequilla, margarina, mayonesa, chocolate, caramelos, confituras, tortas, ariquepe o mermeladas comunes, conservas, tortas de panadería, chorizos de cerdo o vaca, bizcochos o galletitas dulces, helados de crema.</i>
<u>Normas saludables de cocción de alimentos:</u>
<u>CARNES:</u> Variar entre carne de vaca (cortes muy magros), pollo (sacar la piel) y pescados, Cocidos a la plancha, parrilla, horno, milanesas al horno, hamburguesas caseras, etc.
<u>HUEVOS:</u> Huevo duro, pasado por agua, poché, en soufflé, en tortas o para unir preparaciones, en ensaladas.
<u>VERDURAS:</u> Crudas, cocidas, al horno, al vapor, hervidas, en ensaladas, asadas, condimentadas con salsas dietéticas, con aceite, en puré, en rellenos, en soufflé, budines, croquetas, tartas.
<u>PASTAS:</u> Con salsas bajas en grasa, bologñesa, salsa de tomate natural, queso blanco, gratinados, al pesto, con aceite, con vegetales, con salsa blanca (hacer con leche descremada). Agregar queso de rallar.
<u>Cocinar las salsas al vapor, sin freír los componentes</u>

<u>FRUTAS:</u> Frescas, al natural, jugos, licuados sin azúcar, con yogurt light o en mousse bajos en grasa.
<u>PAN:</u> Fresco, tostado, al horno, para acompañar las comidas. Preferentemente, usar rodajas de pan Bimbo Light.
<u>AREPA:</u> Consumirlas lo más frescas y natural posible, sin adición de mantequilla, queso de untar o margarinas.
<u>CEREALES:</u> Usar cereales sin azúcar tipo Corn-flakes o línea light. Preferentemente, no azucarados ni con revestimiento de chocolate.
<u>BEBIDAS CON LAS COMIDAS:</u>
Agua sin gas o aguas saborizada, jugos de frutas preparados con muy poca azúcar o sin esta si se trata de frutas como (naranja, mandarina, piña, mango etc.).
Evitar gaseosas sistemáticamente, como bebida en las comidas, o antes y después del entrenamiento. Las bebidas gaseosas son hipertónicas, aumentan los estados de deshidratación y reducen la absorción de los niveles de Calcio y del Hierro de los alimentos ingeridos, lo que es muy negativo para el rendimiento muscular y el estado saludable.
NO Tomar alcohol
<u>Beber siempre durante los entrenamientos:</u> Agua mineral sin gas y bebidas deportivas
Alba Leonor Piñeros
Nutricionista Dietista

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INTERVALLE**

Anexo 4. Consentimiento o asentimiento informado



CONSENTIMIENTO O ASENTIMIENTO INFORMADO

TITULO DEL PROYECTO: Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

Investigador Principal: Alvaro Herrera **Director:** Blanca Salazar C. MD, Msc.

INSTITUCIONES PARTICIPANTES: Universidad del Valle, Indervalle y Escuela Nacional del Deporte **Grupo:** Nutrición.

A continuación se describe la información relacionada con este proyecto de investigación, en el cual se va a trabajar con los deportistas de la selección Valle de Natación con Monoaletas. Esta participación depende de la aceptación previa de este documento que es el consentimiento informado por parte del deportista o de su acudiente o representante en el caso de que el deportista sea menor de edad. La información del proyecto y la aplicación del consentimiento informado a través de las siguientes preguntas la realizarán dos de los co-investigadores del proyecto.

I. Propósito del estudio

En este estudio se va a evaluar por periodos el comportamiento de marcadores bioquímicos como el Lactato, CK y Urea además del consumo máximo de oxígeno y otras variables como la talla el peso y algunas medidas de la composición corporal durante el entrenamiento del año 2013.

Numero de participantes y tiempo de participación en el estudio

II.En este estudio participaran 15 deportistas de la selección Valle de natación con monoaletas que deben estar vinculados a el entrenamiento proyectado para el año 2013 y que serán evaluados cada 12 semanas en el mismo año.

III.Procedimientos en los que participaran estos deportistas.

IV.Los deportistas asistirán al plan de entrenamiento conforme lo han venido haciendo previamente y periódicamente deben presentarse a las pruebas de evaluación en las que se harán determinaciones en sangre (extracción de 4cms) de algunas sustancias metabólicas, pruebas de acondicionamiento físico como el VO_2 máximo y algunas mediciones antropométricas. La mayoría de estas pruebas ya son del conocimiento de estos deportistas porque las han realizado anteriormente, sólo que en esta ocasión se harán periódicamente durante todo el año 2013.

V.Compromisos y responsabilidades del participante:

VI.Cumplir con la asistencia al entrenamiento y en las evaluaciones que se van a realizar periódicamente y acoger las recomendaciones que se impartan en el entrenamiento y en la preparación previa para las pruebas. Con respecto a los compromisos está el de permitir el uso de datos y muestras en este y otros estudios y laboratorios autorizados por el CIREH.

VII.

VIII.Beneficios del estudio

IX.El beneficio será tener un mayor control del entrenamiento y de la condición física que desarrolle cada deportista con las evaluaciones que se realicen durante el año 2013

X. Riesgos que podría correr el participante y la prevención o las alternativas de solución si el riesgo se hace real.

En el caso de la toma de muestras de sangre por venopunción se puede presentar extravasación, inflamación o infección, para evitar esta situación se cuenta con personal

entrenado de laboratorio certificado. En el caso de las muestras que se recojan por capilar las obtendrá el medico deportólogo, en ambos casos hay formación y experiencia de las normas de asepsia y bioseguridad correspondiente para evitar complicaciones.

En el caso de la determinación del Consumo de oxígeno, se explicará cada vez al deportista en que consiste, para que y porque se utiliza y se darán las recomendaciones respectivas, cerciorándose de que ha sido entendido por el deportista. Se realizará la prueba y durante ella se tendrá en cuenta cualquier alteración del movimiento o síntoma de la función cardiopulmonar para evaluarla y suspender la prueba cuando sea necesario. La prueba será realizada por un médico deportólogo y en el laboratorio de Fisiología del esfuerzo físico de INDERVALLE, en el que se cuenta con electrocardiógrafo, desfibrilador y carro de paro que estará dotado con los medicamentos requeridos para el manejo de este tipo de situaciones.

XI. La compensación del estudio

Un entrenamiento con un control más regular y más exacto debe reflejarse en los resultados que se obtengan durante las competencias.

XII.Los gastos en que incurrirá el participante

El participante no tendrá que cancelar ningún costo. El estudio asume el costo de las pruebas.

El carácter voluntario de la participación

La participación en el estudio es completamente voluntaria. Si no se quiere participar, no tendrá ninguna consecuencia.

XIII. La confidencialidad de la información

La información obtenida será utilizada únicamente para propósitos de investigación. El nombre del participante no aparecerá en ningún registro ni en los reportes o publicaciones. Se utilizará un código en vez del nombre.

El derecho a conocer la información nueva respecto al estudio si la hubiera

En caso de resultados nuevos o aportes al conocimiento se le comunicará de forma explícita al participante.

XIV. Contactos y otras condiciones

La participación finalizará cuando se haya tomado la última prueba de evaluación y estas se hayan podido completar con los deportistas.

Si durante el estudio o al finalizarlo se tienen preguntas adicionales sobre el estudio, éstas pueden realizarse y en caso necesario contactar a la Dra. Blanca Salazar al teléfono 518 56 16 o a la presidenta del comité de Ética Humana de la Universidad del Valle al tel. 518 56 77, profesora Laura Piedrahita.

Con la firma del participante o acudiente o representante legal se acepta que ha leído o alguien le ha leído este documento, que se han respondido satisfactoriamente las preguntas y aclarado las posibles dudas, y que se acepta la participación voluntariamente en el presente estudio.

Usted recibirá además una copia del presente documento.

_____ Nombre del participante o acudiente Cédula	_____ Firma
--	----------------

_____ Nombre del testigo Cédula	_____ Firma
---------------------------------------	----------------

_____ Nombre del testigo Cédula	_____ Firma
---------------------------------------	----------------

_____ Nombre del investigador Cédula	_____ Firma
--	----------------

Lugar y fecha:_____

Anexo 5. Antecedentes (deportivos, médicos, personales y familiares, nutricionales, de hábitos y estilos de vida)



FORMATO ANTECEDENTES

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INDERVALLE**

<u>Apellidos:</u>		<u>Nombre:</u>	
<u>Ocupación o profesión:</u>		<u>Estado civil:</u>	
<u>Edad:</u> _____ años		<u>F. de Nacimiento:</u> / /	
E-mail:			
Domicilio:		Ciudad:	
Código Postal:		Departamento:	
Teléfono fijo:		Celular:	

Sección A

Datos de Historia Clínica:

1. ¿Cuándo se sometió por última vez a una revisión médica?

2. Es usted alérgico a algún medicamento, alimento u otras sustancias,
NO SI Indique ¿Cual?_____
3. Se le ha diagnosticado alguna enfermedad persistente o grave, indique cuál.
NO SI
4. ¿Alguna vez usted ha sido hospitalizado?
NO SI Describa la
causa_____

Sección B

Signos y Síntomas de los 3 últimos años:

- | | | |
|---|----|----|
| 1. ¿Ha experimentado algún desmayo, mareo o amnesia temporal? | Si | No |
| 2. ¿Ha tenido frecuentemente problemas para dormir? | Si | No |
| 3. ¿Ha tenido visión borrosa alguna vez? | Si | No |
| 4. ¿Ha tenido dolores agudos de cabeza? | Si | No |
| 5. ¿Ha tenido tos repetidamente en las mañanas? | Si | No |
| 6. ¿Le han dicho que tiene un soplo cardíaco? | Si | No |
| 7. ¿Ha experimentado latidos del corazón anormales, tales como retraso
de algún latido o palpitaciones ? | Si | No |
| 8. ¿Ha experimentado traumatismos de cráneo o convulsiones? | Si | No |

Signos y síntomas de los últimos dos meses:

1. ¿Se le hinchan los pies y los tobillos? Si No
 2. ¿Ha presentado dolor, rigidez o calambre en las piernas? Si No
 3. ¿Le han dicho alguna vez que su Presión arterial es anormal? Si No
 4. ¿Le han dicho alguna vez que su nivel de colesterol o de triglicéridos en sangre es alto ? Si es positivo, qué cantidad? Si No
 5. ¿Padece de algún tipo de alergia? Si No
 6. ¿Le han dicho alguna vez que su nivel de azúcar en la sangre es alto? Si No
- En caso afirmativo, ¿ qué cantidad? _____ ¿ cómo la controla? _____

- ☐ Sólo dieta ☐ Inyecciones de insulina
☐ Medicación oral ☐ Sin control

Tipo de medicación (si usa, especificar)

7. ¿Ha tenido o tiene Asma Bronquial o broncoespasmo? Si No
8. ¿Ingiere actualmente alguna medicación? Si No

Si su respuesta es positiva, especifique nombre de medicación y dosis diaria:

9. Antecedentes Trauma-Ortopédicos: (En el caso de respuesta positiva, especifique)

- Fisuras-Fracturas NO SI

- | | | |
|-----------------------------------|----|----|
| • Luxaciones de articulaciones | NO | SI |
| _____ | | |
| • Desgarros musculares | NO | SI |
| _____ | | |
| • Distensión-Rotura de Ligamentos | NO | SI |
| _____ | | |
| • Pie Plano | NO | SI |
| _____ | | |
| • Escoliosis – Lordosis – Cifosis | NO | SI |
| _____ | | |

Observaciones (No completar; para el uso del profesional)

Sección C

Evaluación del estilo de vida:

Actividades cotidianas:

Su ocupación u profesión es:

- ¿Si trabaja o estudia, en qué jornada y Cuantas horas diarias lo hace?

- ¿Trabaja Sábados y Domingo ? (Especifique) _____
- ¿Cuántas horas duerme de noche? _____
- Si duerme siesta, ¿cuántas horas duerme? _____
- Hace alguna otra actividad fuera del trabajo o del entrenamiento (Horas) ?_
- Actividad recreativa o “hobby”? _____

Hábito de fumar

1. ¿Ha fumado alguna vez cigarrillos? Si No
2. ¿A qué edad comenzó a fumar? ____ Años

3. ¿Cuántos cigarrillos fumaba? _____ Al día

4. ¿Fuma Ud. actualmente?

Si

No Cuantos Cigarrillos: _____ al día

5. Si ha dejado Ud. de fumar, ¿Cuánto hace que lo hizo?

Antecedentes deportivos

1. ¿Qué actividades deportivas ha practicado en el pasado, han sido competitivas o recreativas?

- Durante la escuela primaria _____ (Competitivo / Recreativo)
- Durante la escuela secundaria _____ (Competitivo / Recreativo)

2. ¿En qué edad comenzó a nadar? _____

Sección D

Antecedentes Familiares:

Constitución del núcleo familiar:

1. ¿Sus padres viven? (SI / NO)

Madre: _____ (Edad: _____)

Padre: _____ (Edad: _____)

2. Cuantos hermanos/as tiene: (especificar género y edades)

Antecedentes clínicos Familiares:

¿Ha sido tratado algún miembro de su familia cercana, de alguna de las siguientes enfermedades, o se ha sospechado que padecía alguna de ellas? Indique el grado de parentesco con Ud. (padre, madre, abuela/o paterno, abuela/o materno, hermana/o).

- | | | |
|-------------------------------|----|-----------------------------------|
| A. Diabetes Mellitus | NO | SI (¿Quién?) |
| _____ | | |
| B. Enfermedad del corazón | NO | SI (¿Quién?) |
| _____ | | |
| C. Accidente Cerebro-Vascular | NO | SI (¿Quién?) |
| _____ | | |
| D. Presión arterial alta | NO | SI (¿Quién?) |
| _____ | | |
| E. Cáncer | NO | SI (¿Quién y Qué tipo de Cáncer?) |
| _____ | | |

SECCION E

Información Ginecobstetricia

(Sexo femenino):

- Fecha de primera Menstruación: ____/____/____ (especificar el mes y el año)
- ¿Tiene periodo menstrual actualmente? SI NO
- Cada cuantos días tiene el periodo menstrual _____ (aproximadamente)
- Cuantos días le dura el periodo menstrual _____
- La secreción menstrual es: Abundante_____ Normal_____ Escasa_____
- ¿Tiene ciclos menstruales espaciados por más de 35 días? SI NO
- ¿En los últimos años ha tenido periodos entre menstruación y menstruación mayores a 35 días? SI ____ NO____. Si su respuesta es afirmativa, Diga ¿cuantos días tiene entre periodo y periodo?

- Ha tenido periodos menstruales espaciados en menos de 24 días? SI NO

- Si su respuesta es afirmativa, Diga ¿cuantos períodos ha tenido así en el último año? _____
- Enfermedades Ginecológicas (actual o pasada; especificar) _____
- Si ha sido madre: Partos (Número)

Anexo 6. Evaluación por nutricionista



Evaluación por Nutricionista

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INDERVALLE

REGISTRO NUTRICIONAL Y ALIMENTARIO			
Comportamiento de algunos metabolitos de deportistas de natación con monoleta de la Selección Valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013			
UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INDERVALLE			
CODIGO: _____		FECHA _____	
FECHA NACIMIENTO _____		DEPORTE _____	
MODALIDAD _____		CATEGORIA _____	
PERSONA _____	ENCARGADA _____	PREPARACION _____	DE ALIMENTOS _____
REGISTRO DEL TIEMPO EN HORAS DE LAS ACTIVIDADES DIARIAS			
ESTUDIO	TRABAJO	ENTRENAMIENTO	OTRAS ACTIVIDADES
ANAMNESIS ALIMENTARIA			

ALIMENTO	CANTIDAD	PREPARACION
DESAYUNO		
MEDIA MAÑANA		
ALMUERZO		
MEDIA TARDE		
CENA		
REGISTRO DE HIDRATACION:		
PRODUCTOS	CATIDADES CONSUMIDAS/DIA	

AGUA					
JUGOS DE FRUTAS					
BEBIDAS HIDRATANTES					
BEBIDAS INSTANTANEAS					
GASEOSAS					
OTRAS BEBIDAS					
Perdidas de líquido (cualitativo) ----- -----					
CONSUMO DE MEDICAMENTOS Y/O COMPLEMENTOS Y AYUDAS ERGOGENAS					
TIPO DE PRODUCTO	CANTIDAD O DOSIS	ORDENADO POR			
Periodo de consumo					
Observaciones: ----- ----- ----- -----					
Recomendaciones: ----- ----- -----					
REGISTRO DE MEDIDAS ANTROPOMETRICAS					
FECHA	PESO	TALLA	% GRASA	% M. MUS	Peso - Estatura

[illegible]

Anexo 8. Formato del test de consumo de oxígeno máximo

PROYECTO: COMPORTAMIENTO DEL LACTATO Y OTRAS VARIABLES EN DEPORTISTAS DE NATACIÓN CON MONOALETA DE LA SELECCIÓN VALLE DURANTE EL PERIODO DE ENTRENAMIENTO DEL AÑO 2013
UNIVERSIDAD DEL VALLE - INDERVALLE – IU ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE



PROTOCOLO ERGOESPIROM

FECHA EVALUACION: (dd/mm/aa)

EQUIPO K4B2, COSMED ITALIA.

DEPORTISTAS SELECCIÓN VALLE DE MONOALETA.

CODIGO Talla (cm) Genero

Fecha de nacimiento / / Edad

Calentamiento: 10 minutos TROTE EN BANDA A 4,5 MILLAS X HORA.

Estiramiento dirigido durante 5 minutos.

ETAPA	TIEMPO DE CADA ETAPA	TIEMPO EJECUTADO	VELOCIDAD EN MILLAS	VELOCIDAD EN km.	Velocidad en mt/seg	VO2 Máx. Rel(ml/kg/min)	Cociente respiratorio	Pulso de oxígeno	Frecuencia cardíaca	LACTATO
	0 A 3 min		4,5	7.241	2,01					
	3 a 6 min		5,5	8.850	2,46					
	6 a 9 min		6,5	10.459	2,91					
	9 a 12 min		7,5	12.068	3,35					
	12 a 15 min		8,5	13.677	3,80					
	15 a 18 min		9,5	15.286	4,25					
	18 a 21 min		10,5	16.895	4,69					
	21 a 24 min		11,5	18.504	5,14					
	24 a 27 min		12,5	20.113	5,59					
	27 a 30 min		13,5	21.722	6,03					
OBSERVACIONES. <input type="text"/>										

ERGOESPIROMETRIST/

AUXILIAR

Vol. Máx. Pulmonar	VO2 Máx. Absoluto	VO2 Máx. Relativo		FC	VO2/FC ml/FC
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Responsable: Alvaro Herrera J. MD, INDERVALLE.

Anexo 9. FORMATO DE TEST DE LACTATO PARA 100 M



FORMATO DEL TEST DE LACTATO PARA 100 M.

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

**UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E
INDERVALLE**

Código del deportista	<input type="text"/>	Fecha:	<input type="text"/>
Sitio de evaluación	<input type="text" value="Piscinas Alberto Galindo de"/>	Mejor tiempo	<input type="text"/>
Porcentaje de Intensidad de trabajo	<input type="text" value="80 – 85% del mejor"/>	Pausa	<input type="text" value="2 m"/>

PRUEBA

Variables Numero series	Tiempo registrado	Intensidad segun mejor tiempo	Intensidad Promedio	Frecuencia cardiaca	[Lactato]	Observación
Primera						
Segunda						
Tercera						
Cuarta						
Quinta						
Sexta						
Séptima						
Octava						
Promedio						
Desviación estándar						

RECUPERACION DE LA PRUEBA

Variables Min. Recuperac.	Frecuencia cardiaca	Concentración de lactato	Observaciones
Primero			
Tercero			

Anexo 10. FORMATO TEST DE LACTATO PARA 200 M



CONTROL DE LACTATO INTRA- Y POST SERIE. TEST DE 200 METROS

Comportamiento del ácido láctico y otras variables en deportistas de natación con monoaleta de la selección valle durante el periodo de entrenamiento del año 2013

UNIVERSIDAD DEL VALLE-ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE E INDERVALLE

Código del deportista Fecha:

Sitio de evaluación or tiempo

Porcentaje de Intensidad de trabajo Pausa

PRUEBA

Variables No series	Tiempo registrado	Intensidad segun mejor tiempo	Intensidad Promedio	Frecuencia cardiaca	[Lactato]	Obse rvaci ón
Primera						
Segunda						
Tercera						
Cuarta						
Quinta						
Sexta						
Séptima						
Octava						
Novena						
Decima						
Promedio						
Desviación estándar						

RECUPERACION DE LA PRUEBA

Variables Min. Recuperación	Frecuencia cardiaca	Concentración de lactato	Observaciones
Tercero			
Quinto			